

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

FAKULTA STROJNÍ

Institut dopravy

**NÁVRH ZPŮSOBU MĚŘENÍ VÝŠKY STŘEDŮ NÁRAZNÍKU
V PROVOZU KOLEJOVÝCH VOZIDEL**

**DESIGN OF BUFFERS MEASUREMENT IN ROLLING STOCK
OPERATING**

Vypracoval:

Vedoucí bakalářské práce:

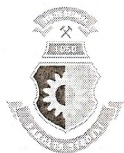
Datum odevzdání:

Skřivánek Miroslav

Ing. Jaromír Široký, Ph.D.

22.5.2009

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Návrh způsobu měření výšky středů nárazníku v provozu kolejových vozidel

Design of Buffers Measurement in Rolling Stock Operating

Student: Miroslav Skřivánek
Studijní obor: 2301R002 Dopravní technika
Pracoviště: Institut dopravy - 342

Zásady pro zpracování:

1. Analýza požadavků a podmínek na měření rozměrových parametrů kolejových vozidel.
2. Analýza současného stavu měření výšky nárazníků kolejových vozidel.
3. Výběr metody měření s návrhem zařízení a postupu měření.
4. Provozně-technické hodnocení návrhu.

Pokyny pro zpracování:

Rozsah práce: min. 30 stran textu mimo tabulek a obrázků

Cíl práce: Analyzovat stávající metody měření, vybrat optimální a rozpracovat ji, popř. navrhnout metodu měření vhodnější včetně technického řešení.

Seznam doporučené literatury:

Předpis V25 ČD a související předpisy

Podklady výrobců měřicí techniky

MÜLLER, J: *Mobilní prostředky a trakční zařízení. I. díl.* Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava. 2. vyd.. 2007. ISBN 978-80-248-1394-3

MÜLLER, J. A KOL.: *Mobilní prostředky a trakční zařízení. II. díl.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava. 1999. ISBN 80-7078-591-8

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jaromír Šíroký, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 24. září 2008

Datum odevzdání: 22. května 2009

Akademický rok: 2008/2009



.....
doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.

ředitel ID

.....
prof. Ing. Radim Farana, CSc.

děkan FS

V Ostravě dne 24. září 2008

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

Ve Zborově

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo –bakalářskou práci nebo poskytnou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

Ve Zborově

.....
podpis studenta

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

SKŘIVÁNEK, M. Návrh způsobu měření výšky středů nárazníku v provozu kolejových vozidel. Ostrava: Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2009, 48 s. Bakalářská práce, vedoucí: Ing. Široký, J., Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá měřením výšky středů nárazníku v provozu kolejových vozidel. V úvodu jsou rozebrány základní požadavky na nárazecí ústrojí, následně podmínky pro měření rozměrových parametrů kolejových vozidel a současný stav měření výšky středů nárazníků.

Cílem bakalářské práce je návrh moderní metody měření výšky nárazníků. Na základě analýzy geometrie, která se zabývá vztahem koleje a kolejového vozidla, je navržen princip měření výšky středů nárazníků laserovým dálkoměrem, tak aby usnadňoval a urychloval práci v provozu kolejových vozidel. Dále jsou navrženy přípravky k měření, které slouží k dosažení co nejvyšší přesnosti měření. Na závěr je vypracováno provozně technické zhodnocení navržené metody měření.

ANNOTATION OF THESIS

SKŘIVÁNEK, M. Design of Buffers Measurment in Rolling Stock Operating. Ostrava: Faculty Mechanical Engineering VŠB-Technical University of Ostrava, 2009, 48 p. Thesis, Head: Ing. Široký, J., Ph.D.

The thesis focuses on dealing with middle-buffers measurement in rolling stock operations. The introduction deals with basic buffers requirements, measurement conditions of dimensioned rolling stock parameters and current state of middle - buffers measurement.

The aim of the thesis is to suggest a new way for middle - buffers measurements. Based on the geometric analysis of the track - track vehicles relation, measuring principles through the use of the laser range finder are designed in order to simplify and quicken the work with rolling stock operations. Further procedures are designed to achieve the highest accuracy of the measurement. The conclusion contains the technical - operational of the suggested measuring method.

Obsah bakalářské práce

Seznam použitého značení.....	7
Úvod.....	9
1 Tažné nárazecí ústrojí.....	10
1.1 Podélné vypružení.....	13
2 Analýza požadavků a podmínek na měření rozměrových parametrů kolejových vozidel.....	17
3 Analýza současného stavu měření výšky nárazníků kolejových vozidel	24
4 Výběr metody měření s návrhem zařízení a postupu měření.....	26
4.1 Analýza geometrie ve vztahu měření výšky nárazníků.....	28
4.2 Předpoklady pro měření.....	35
4.3 Návrh postupu měření.....	37
4.4 Přípravky pro měření výšky středů nárazníků.....	40
5 Provozně-technické hodnocení návrhu.....	44
6 Seznam použitých pramenů.....	47
7 Příloha č.1 Schéma přípravku na nárazník se základními rozměry	48

Seznam použitého značení a zkratek

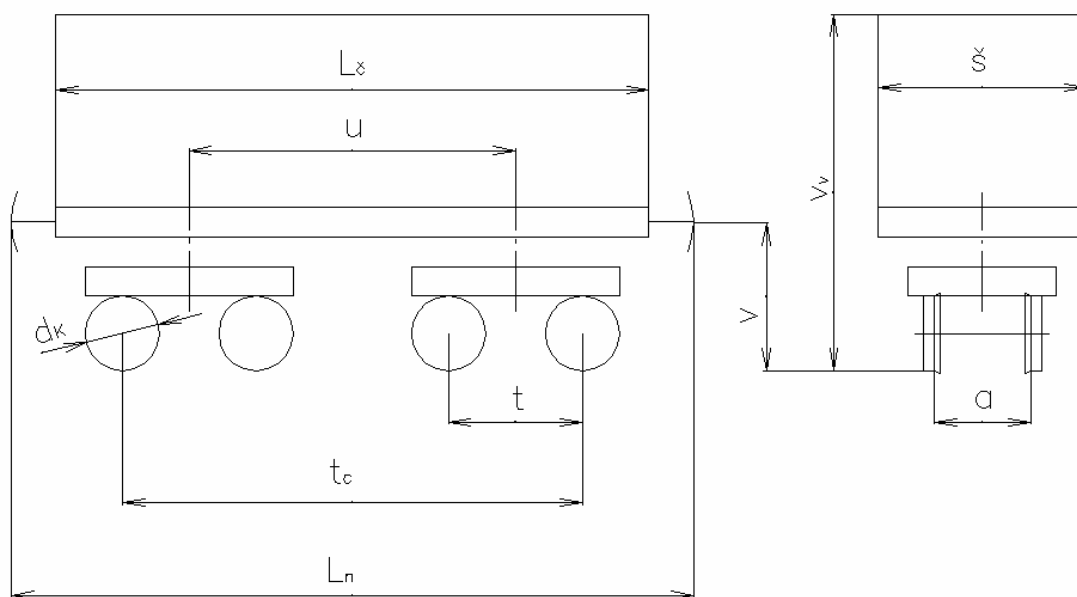
A	absorbovaná energie nárazníkem [J]
A ₁	výška středu předního nárazníku [m]
A ₂	výška středu zadního nárazníku [m]
B ₁	výška středu předního tažného ústrojí [m]
B ₂	výška středu zadního tažného ústrojí [m]
DKV	depo kolejových vozidel
E _k	kinetická energie vozidla [N.m]
F	vratná síla vypružení [N]
F _{max}	maximální síla působící na nárazník v podélné ose, způsobující maximální stačení [N]
F _N	síla působící na nárazník v podélné ose při nárazu [N]
G	tíha [N]
L _č	délka vozidla přes čelníky [m]
L _n	délka vozidla přes nárazníky [m]
R	rozteč os nárazníků [m]
TNŽ	technická norma železniční
X	deformace vypružení [m]
X _{max}	maximální deformace vypružení [m]
UIC	mezinárodní evropská unie (Union Internationale des Chemins de Fer)
V	rychlost vozidla [m.s ⁻¹]
a	rozchod dvojkolí [m]
b	vzdálenost středu nárazníku po temeno kolejnice [m]
b ^I	vzdálenost středu nárazníku po temeno kolejnice, měřená na vnější straně kolejnice v určité vzdálenosti od osy kolejnice [m]
b ^{II}	vzdálenost středu nárazníku po temeno kolejnice, měřená na vnitřní straně kolejnice v určité vzdálenosti od osy kolejnice [m]
c	tuhost vypružení [N.m ⁻¹]
d	vzdálenost mezi osou kolejového vozidla a osou koleje [m]
d _k	průměr kol [m]
e	počet stejných nárazníků [1]
k _N	konstanta nárazníku [m.N ⁻¹]
l	měřená výška s odchylkou [m]

I_{DV}	moment setrvačnosti [kg.m ²]
m	hmotnost vozidla [kg]
n	počet dvojkolí [1]
\bar{s}	šířka vozidla [m]
t	rozvor [m]
t_c	celkový rozvor vozidla [m]
t_n	rozteč středů nárazníků [m]
u	vzdálenost otočných bodů podvozkového vozidla [m]
$u_{1,2}$	délka úhlopříčky [m]
v	výška středů nárazníků [m]
v_v	výška vozidla [m]
x	vzdálenost od osy kolejnice [m]
x_T	vzdálenost těžiště od dvojkolí [m]
y	odchylka měření vzhledem ke sklonu kolejnice [m]
z	odchylka měření vzhledem zaoblení hlavy kolejnice [m]
α	úhel [°]
β	úhel mezi rovinnou temene kolejnice a vodorovnou rovinou [°]
Ω	úhlová rychlost [s ⁻¹]

Úvod

Cílem práce je analýza současného stavu měření výšky středů nárazníků kolejových vozidel a návrh vhodnější metody měření. Na základě analýzy geometrie, která se zabývá vztahem koleje a kolejového vozidla, je navržen princip měření výšky středů nárazníků laserovým dálkoměrem.

Narážecí ústrojí kolejových vozidel musí splňovat určité požadavky, bez jejichž splnění nemůže být vozidlo zařazeno do vlaku. Maximální rozdíl výšky středů nárazníků spřažených sousedních vozidel je pevně stanoven. Rozměry nárazníků jsou dány mezinárodními předpisy UIC. Jejich dodržení je důležité, aby při působení velké brzdné síly nebo při jízdě obloukem při různé výšce středů nárazníků vedlejších vozidel nedošlo k zaklesnutí nárazníků. Na obrázku (obr.1) lze vidět základní rozměry kolejového podvozkového vozidla. Výška středů nárazníků se měří od temene kolejnice po podélnou osu nárazníku. Měření se provádí na vodorovné koleji podélném i příčném směru o minimálním rozchodu.



Obr.1 Základní rozměry podvozkového vozidla

a – rozchod dvojkolí

t – rozvor podvozku

t_c - celkový rozvor vozidla

u – vzdálenost otočných bodů podvozkového vozidla

š – šířka vozidla

d_k – průměr kol

L_n – délka vozidla přes nárazníky

L_c - délka vozidla přes čelníky

v_v - výška vozidla

v - výška středů nárazníků

t_n - rozteč středů nárazníků

Základní rozměrové parametry kolejového vozidla

Maximální výška středů nárazníků:	1065 mm
Minimální výška středů nárazníků(vozidla s přechod. Můstky):	980 mm
Minimální výška středů nárazníků(vozidla bez přechod. Můstku):	940 mm
Minimální výška osy samočinného spřáhla:	970 mm
Maximální rozdíl výšky nárazníků sousedních vozidel:	80 mm
Maximální šířka vozidla:	3150 mm
Minimální prostor pro spřahače:	2x(300x400x2000 mm)

Rozměrové parametry kolejového vozidla jsou dány podle [1].

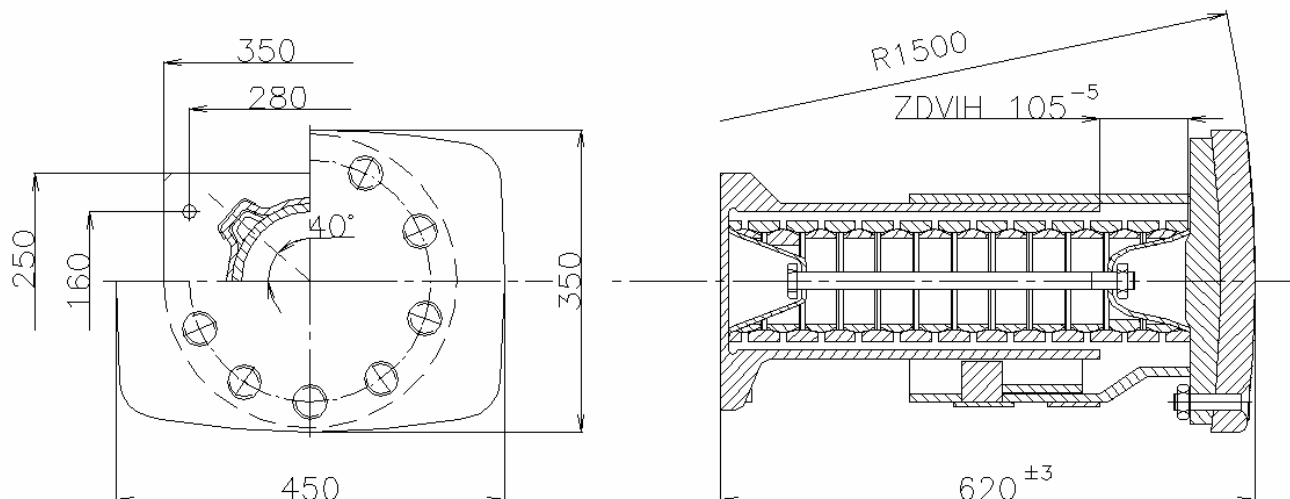
1 Tažné a nárazecí ústrojí

Hlavní požadavek na tažné a nárazecí ústrojí je přenos podélných sil mezi vozidly. Tato ústrojí bývají většinou samostatná. Existuje také ústřední spřáhlo, které plní funkci nárazecího i tažného ústrojí. Spřahování u tohoto zařízení se provádí samočinně nebo ručně. Samočinné ústřední spřáhlo se používá na vozidel metra, na zahraničních železnicích jako jsou Rusko, USA, Ukrajina a v jiných případech, jako jsou jednotky pro velmi rychlou dopravu a předměstské oblasti. Ruční ústřední spřáhlo se používá u tramvají a úzkorozchodných drah.

Dále existuje ústřední spřáhlo, u kterého se spřahování provádí ze stanoviště strojvedoucího. Toto zařízení se nazývá ústřední mechanizované spřáhlo, používá se u některých posunovacích lokomotiv většinou v depech kolejových vozidel.

Narážecí ústrojí

Narážecí ústrojí je tvořeno dvojicí stejných nárazníků na každém čele vozidla. Nárazník (obr.2) je tvořen dvěmi hlavními částmi, pohyblivou a nepohyblivou. Nepohyblivou část nárazníku tvoří základní deska, která je opatřena trubkou. Základní deska nárazníku je přišroubována k čelníku a společně s trubkou tvoří koš nárazníku. V této trubce je uloženo vypružení. Pohyblivou část nárazníku tvoří talíř nárazníku, spojený s vodící trubkou. Talíř nárazníku je vypouklý, má tvar kulového vrchlíku o poloměru 1500 mm a jeho rozměry jsou dány mezinárodními předpisy (vyhláška UIC 527-1). Vypružení je většinou tvořeno prstencovou pružinou, která má lomenou charakteristiku a velkou hysterezní smyčku. Díky těmto vlastnostem pružiny je tlumeno rozkmitání vozidel při nárazech a asi 30% přijaté energie je přeměněno v teplo.



Obr.2 Nárazník se základními rozměry podle [2]

Parametry nárazníku

Délka nárazníku	620 mm
Rozteč os nárazníku	1750 mm
Pracovní zdvih	105 nebo 75 mm
Kapacita nárazníku	až 70 kJ (u nákladních vozů)

Kapacitu nárazníku znázorňuje hodnota energie, kterou nárazník absorbuje při úplném stlačení vypružení (zdvih nárazníku). Nárazníky, které využívají jako prvek vypružení pryž a plastickou látku elastomer, mají vysokou kapacitu nárazníku. Používají se u nákladních vozů a jejich maximální kapacita dosahuje až 70 kJ. Nárazníky pro osobní vozy používají většinou jako prvek vypružení prstencovou pružinu, která má kapacitu nižší než nárazník nákladních vozů.

Z hlediska bezpečnosti při spřáhování vozidel má minimální prostor pro spřahače pevně stanovené rozměry. Šířka tohoto prostoru je 400 mm od talíře nárazníku po spřáhlo, délka 300 mm od rovin stlačených nárazníků k čelníku vozidla a výška 2000 mm nad hlavou kolejnice. Do tohoto prostoru mohou zasahovat sklopné přechodové můstky a jiné části, které se před spřáhováním z tohoto prostoru odstraní, tak aby zůstaly zachovány minimální rozměry prostoru. Parametry nárazníku jsou dány podle [2].

Na obrázku (obr.3) je nárazník nákladního vozu. Mimo tento typ nárazníku existují další druhy nárazníků, které se od sebe liší tvary, rozměry a typem vedení. Talíř nárazníku může být spojený s vodící trubicí pomocí nýtů nebo může být přivařen. Tvary talíře nárazníků jsou

kruhové, obdélníkové, obdélníkové zaoblené nebo mají vnitřní, horní roh seříznutý pod úhlem 30° .

Označení nárazníku např.: Nárazník 650 X 105 X 320, kde je:

650 mm - délka nárazníku

105 mm - stlačení nárazníku (zdvih nárazníku)

320 kN - maximální přenášená síla nárazníkem při úplném vyčerpání zdvihu



Obr.3 Nárazník kolejového vozidla z [3]

Na nárazecím ústrojí a na spřáhle na sebe působí sousední vozidla setrvačnou silou, brzdou a tažnou silou. Setrvačné síly se projevují v podélném, v příčném a ve svislém směru. V podélném směru se tyto síly projevují jako odpor zrychlení a dynamické působení sousedních vozidel. V příčném směru jako odstředivá síla při jízdě obloukem nebo při jízdě přes vyhybky. A ve svislém směru v důsledku účinků nerovnosti koleje.

Tažná a brzdná síla působí mezi kolejí a dvojkolím a odtud je přenášena přes pojezd a hlavní rám vozidla na tažné a na nárazecí ústrojí. Tažná síla je vyvolána hnacím zařízením a působí na vozidlo ve směru jeho pohybu po koleji.

Tažné ústrojí

Tažné ústrojí je tvořeno dvěma hlavními součástmi. Jsou to tažný hák a šroubovka. Tažné ústrojí bývá nepružné. Vypružení se nachází v hlavním rámu a vněm je uloženo tažné ústrojí.

Rozměry a pevnost tažného ústrojí jsou stanoveny předpisy UIC. Tažná ústrojí o nižší pevnosti se používají u vozidel lehké stavby, taková vozidla musí být řazena na konci vlaku. Tažný hák je dimenzován tak, aby jeho pevnost při přetržení dosahovala 1 MN. Hák slouží k vložení třmene šroubovky spřahovaného vozidla a oko tažného háku pro čep k připojení

šroubovky. Výchylku háku do stran při jízdě vozidla obloukem umožňuje vedení dříku háku, které se nachází v čelníku vozu. Dřík je ukončen okem, kterým prochází čep ke spojení háku s vypružením. Pro své kladné vlastnosti je vypružení tvořeno prstencovou pružinou, obdobně jako u nárazecího ústrojí. Šroubovka je zavěšena na tažném háku. Je tvořena závěsnicí, třmenem, vřetenem s levým a pravým závitem a s rukojetí, maticí s levým a maticí s pravým závitem. Závěsnice je nejslabší část z celého tažného ústrojí, protože v případě přetržení představuje výměna závěsnice nejlehčí úkon. Maximální hmotnost šroubovky je 36 kg. Tato hmotnost je limitována z hlediska ruční manipulace při spřahování vozidel. Maximální přípustná statická síla působící na šroubovku je 350 kN. Spřahování vozidel se provádí tak, že po zavěšení třmene do háku se otáčením vřetene zkrátí délka šroubovky, tak aby nárazníky sousedních vozidel na rovné koleji na sebe doléhaly (obr.4).



Obr.4 spřažení vozidel z [4]

1.1 Podélné vypružení

Za jízdy na sebe působí spřažená kolejová vozidla proměnlivými podélnými silami. Tyto síly jsou vyvolány účinkem změn tažné a brzdné síly a vzájemného postavení vozidel v oblouku. Velké podélné síly vznikají při posuvu vozidel, například při naježdění na stojící vozidla nebo při zastavování vozidel zarážkami.

Podélné síly, které působí za jízdy na kolejová vozidla jsou přenášeny nárazecím a tažným ústrojím. Proto musí být tato ústrojí v podélném směru vypružena, aby nedocházelo k poškození vozidel a nákladu a aby bylo omezeno působení těchto sil na cestující.

Charakteristika vypružení tažného a nárazecího ústrojí

Na vlastnosti vypružení jsou protichůdné požadavky. Projíždí-li vozidla obloukem, nárazníky, které jsou blíže středu oblouku se stlačují a tažné ústrojí je z tohoto důvodu více namáháno. Působením těchto sil vzrůstá odpor oblouku. Z těchto důvodů je požadována malá tuhost vypružení nárazecího a tažného ústrojí. Změny brzdné a tažné síly vyvolávají záporné a kladné zrychlení, které by mohlo vést k poškození nákladu a není příjemné pro cestující. Velikost tohoto zrychlení závisí především na kinetické energii vozidla a rovná se absorbované práci při stlačování vypružení tažného a nárazecího ústrojí (při lineární charakteristice vypružení).

$$E_k = \frac{m \cdot (V_2^2 - V_1^2) + n \cdot l_{DV} \cdot (\Omega_2^2 - \Omega_1^2)}{2} \quad (1)$$

$$A = F \cdot \frac{X}{2} = c \cdot \frac{X^2}{2} \quad (2)$$

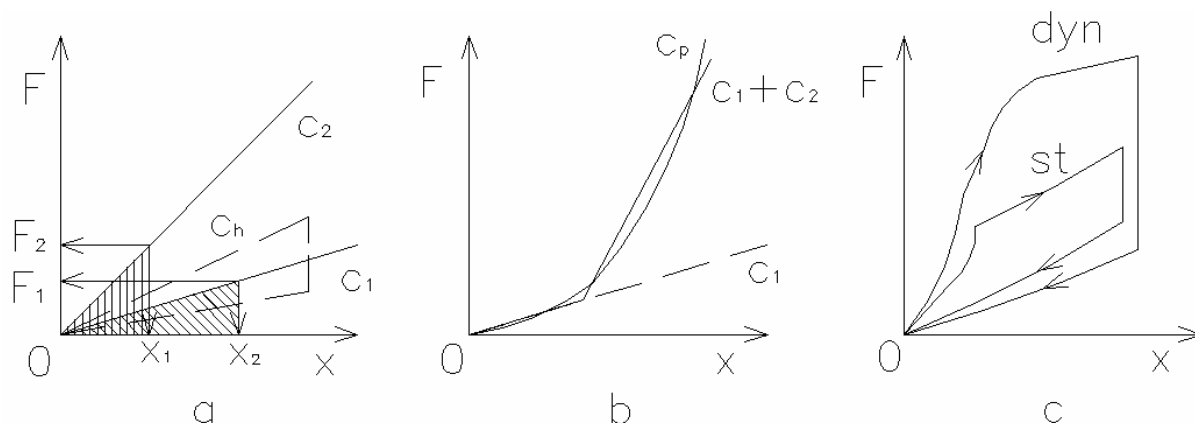
E_k	- kinetická energie vozidla [N.m]
m	- hmotnost vozidla [kg]
V	- rychlost vozidla [m.s ⁻¹]
n	- počet dvojkolí [ks]
l_{DV}	- moment setrvačnosti [kg.m ²]
Ω	- úhlová rychlost [s ⁻¹]
A	- absorbovaná energie [kJ]
F	- vratná síla vypružení [kN]
X	- deformace vypružení [m]
c	- tuhost vypružení [kN.m ⁻¹]

Požadavky na nárazníky z hlediska změn tažné a brzdné síly

Při porovnání lineární charakteristiky pro různé tuhosti (obr.5) vyplývá, že při stejné absorbované energii, která úměrná velikosti vyšrafované plochy, je výsledná síla i tedy výsledné zrychlení u pružiny s větší tuhostí $c_2 > c_1$ větší. I z těchto důvodů je požadována malá tuhost vypružení nárazecího a tažného ústrojí.

Požadavek malé tuhosti nárazecího a tažného ústrojí je v protikladu s požadavky na funkci nárazecího a tažného ústrojí. Z grafu lineární charakteristiky vyplývá, že s klesající tuhostí se při stejné absorbované energii zvětšuje velikost konečné deformace vypružení:

$$x_1 : x_2 = F_2 : F_1$$



Obr.5 Charakteristiky vypružení podle [2]

- a) lineární charakteristiky z různou tuhosti ($c_2 > c_1$) a charakteristika s hysterezní smyčkou (c_h)
- b) progresivní charakteristika vypružení (c_p) a lomená charakteristika ($c_1 + c_2$)
- c) kombinovaná charakteristika vypružení (eleastomer + ocelová pružina) při dynamickém a statickém zatížení

Zdvih nárazníku je omezen (105 nebo 75 mm), v případě malé tuhosti vypružení by byla i malá hodnota absorbované energie. Zdvih nárazníku by byl rychle vyčerpán a zbývající energie, která nebyla absorbována nárazníkem by byla přenesena přímo na rám vozidla. V opačném případě, kdyby byl zvětšen zdvih nárazníku a deformace vypružení tažného ústrojí, by došlo k oddalování nárazníků sousedních vozidel působením tažné síly a k prověšení šroubovky při brzdění. Při velkém nárůstu tažné síly by mohlo dojít k přetržení šroubovky.

Pro kompromisní řešení je možnost použití vypružení s progresivní nebo lomenou charakteristikou (obr.5). V tomto případě při menších rázech, menších změnách tažné a brzdě síly a při stlačování nárazníků při průjezdu obloukem je podélné vypružení poddajnější a síly ve vypružení menší. Při větších rázech, například při posunu a při větších změnách tažné a brzdě síly se uplatňuje větev charakteristiky c_2 . Tato vlastnost umožňuje absorbovat velkou energii do vypružení nárazníků a tažného ústrojí.

Energie, která je akumulovaná ve vypružení nárazecího a tažného ústrojí způsobuje po ukončení jejich stlačování opačný pohyb a tím i opačné zrychlení vozidla. Tato vlastnost může vést při velkých deformacích vypružení k podélnému rozkmitání spřažených vozidel. Z tohoto důvodu jsou tyto kmity tlumeny. Nejčastěji se k tomu používá tření pružících prvků ve vypružení nárazníků a tažného ústrojí, kterými jsou prstencové pružiny. Jejich

charakteristika se vyznačuje hysterezní smyčkou, jejíž plocha je úměrná energii přeměněné třením v teplo při úplném zdvihu. Úplný zdvih se skládá ze stlačení a uvolnění pružiny.

Pro zvětšení absorbované energie se používají nárazníky s hydraulickými tlumiči nebo nárazníky, které mají místo ocelové pružiny kombinací pryže a plastické hmoty elastomer. Tyto nárazníky mají při dynamickém zatěžování výrazně větší hysterezi než při statickém zatěžování. Vzorce a parametry jsou dány podle [2].

Náraz jedoucího vozidla na stojící vozidlo

Při posunu vozidel často dochází k nárazu vozidla jedoucího výběhem na vozidlo nebo skupinu vozidel stojících. Rychlost nárazějícího vozidla je omezena následujícími podmínkami:

- Maximálním zpomalením nárazějícího vozidla vzhledem na setrvačné síly působící na náklad v případě nezabrzdněného vozidla.
- Maximálními bezpečnými podélnými silami působícími na konstrukci vozidel.
- Zajištěním zabrzdněného stojícího vozidla v klidové poloze.

Pro další výpočty předpokládáme:

- Lineární charakteristika vypružení nárazníku.
- Náraz vozidel popisujeme jako přímý, středový ráz.

$$A = F_N \cdot \frac{X}{2} [J] \quad (3)$$

A - energie absorbovaná nárazníkem [J]

F_N - síla působící na nárazník v podélné ose při nárazu [N]

X - stlačení nárazníku (maximum 75 mm nebo 105 mm) [m]

F_{\max} - maximální síla působící na nárazník v podélné ose, způsobující maximální stačení nárazníku [N]

X_{\max} - maximální stlačení nárazníku [m]

Stanovení rychlosti nárazějícího vozidla při nárazu na stojící nezabrzdněná vozidla pro dovolené zpomalení nákladu. Maximální zpomalení nastane v okamžiku nárazu vozidla při maximálním stlačení nárazníku.

$$\frac{X}{X_{\max}} = \frac{F_N}{F_{\max}} \Rightarrow X = X_{\max} \cdot \frac{F_N}{F_{\max}} [m] \quad (4)$$

Energie, kterou přijme nárazník při stlačení silou $F_N < F_{\max}$ je vyjádřena vztahem:

$$A = \frac{1}{2} \cdot F_N \cdot e = \frac{1}{2} \cdot F_N \cdot \frac{F_N \cdot X_{\max}}{F_{\max}} = \frac{1}{2} \cdot F_N^2 \cdot \frac{X_{\max}}{F_{\max}} [J] \quad (5)$$

Celková energie potřebná na stlačení všech nárazníků v dotyku při náraze vozidel za předpokladu, že všechny nárazníky mají stejné parametry:

$$A_C = e \cdot A = e \cdot \frac{1}{2} \cdot F_N^2 \cdot k_N [J] \quad (6)$$

e - počet stejných nárazníků, které se dotýkají [ks]

k_N - konstanta nárazníku [$m \cdot N^{-1}$]

$$k_N = \frac{X_{\max}}{F_{\max}} [m \cdot N^{-1}] \quad (7)$$

Vztahy pro náraz vozidel jsou dány podle [5]

2 Analýza požadavků a podmínek na měření rozměrových parametrů kolejových vozidel

Narážecí ústrojí

Narážecí ústrojí musí vyhovovat podmínkám, bez jejichž splnění nesmí být vůz zařazen do vlaku:

- výška středů nárazecího ústrojí od temene kolejnice musí být
 - maximálně 1065 mm
- u osobních vozů
 - minimálně 980 mm
- u nákladních vozů
 - minimálně 940 mm
- u dvojpodlažních zavazadlových vozů pro přepravu automobilů konstrukce UIC
 - minimálně 960 mm
- rozteč os nárazníku
 - maximálně 1770 mm
 - minimálně 1710 mm
- rozdíl výšek středů nárazníků na čelníku
 - maximálně 15 mm
- rozdíl výšek středů nárazníků na vozu
 - maximálně 25 mm
- rozdíl výšky nárazníků sousedních vozidel
 - maximálně 80 mm
- pružící elementy nárazníku ani jeho ostatní části nesmějí být zlomeny nebo poškozeny, tak že by tím byla znemožněna funkce nárazníku. Na každém konci vozu se může dát stlačit nebo vytáhnout jen jeden nárazník a to nejvýše o 15 mm

- nárazník nesmí být viditelně vychýlen
- levý talíř nárazníku při pohledu z vnějšku na čelo vozu musí být vypouklý. Jsou-li oba nárazníky vypouklé, nesmí být poloměr zaoblení nárazníkových talířů menší než 1500 mm
- nesmí chybět ani být poškozena žádná z upevňovacích součástí, které zabraňují vypadnutí trubky nárazníku
- žádný nárazník a žádný upevňovací šroub nesmí chybět (nejméně tři šrouby musí být pevné) - u talířů nárazníku může být uvolněna nejvýše 1/3 upevňovacích nýtů nebo šroubů
- trubky koše nesmějí být poškozeny tak, že není zaručeno jejich bezpečné upevnění nebo dostatečné vedení trubek nárazníku. Trubky koše a trubky nárazníku nesmějí mít v přechodu do základní desky nebo podložky talíře trhliny větší než 1/4 obvodu trubek
- na celém voze musí být nárazníky stejného typu a hodnot (rozměrů, kapacity vypružení)
- nárazník nesmí mít funkční plochy znečištěné přepravovanými substráty
- narážecí ústrojí musí být po nebezpečné manipulaci prohlédnuto
- nárazník nesmí mít stopy tepelného zásahu

Požadavky na nárazníky kolejových vozidel jsou dány podle [6].

Tažné ústrojí

Při opravě se provádí rozměrová kontrola jednotlivých dílů, které musejí vyhovovat pro další používání těmto parametrům:

- maximální dovolené opotřebení háku v místě styku se třmenem šroubovky nebo s vodítkem 3mm. Při větším opotřebení je možno opotřebovanou plochu navařit. Tloušťka navařené plochy nesmí překročit 6 mm
- čepy tažného ústrojí mohou být opotřebeny maximálně o 1 mm oproti jmenovitému rozměru
- maximální dovolené opotřebení otvorů pro vodící šrouby v opěrných deskách pružin 3 mm
- maximální dovolené opotřebení otvoru třmenu 3 mm

- maximální dovolené opotřebení čtyřhranu dříku tažného háku 2 mm
Opotřebené díly je možno renovovat
- maximální dovolené opotřebení třmenů v záběrném bodě 3 mm
- maximální dovolené opotřebení otvorů třmenů a závěsnic šroubovky 2 mm
- maximální dovolené opotřebení čepů matic závěsnice 2 mm
- maximální dovolené opotřebení závitů vřetene a matic na výšku oproti jmenovitému rozměru 10%
- maximální dovolené opotřebení mezi otvory a čepy 3 mm
- pružiny s trhlinami, prasklé, poškozené se vymění. Oprava pružin svařováním je zakázána.

Tažné ústrojí musí vyhovovat těmto požadavkům, bez jejichž splnění nemůže být vůz zařazen do vlaku:

- táhla nesmí být nalomené nebo zlomená. Šrouby, spojky a ostatní části tažného ústrojí nesmí chybět, mít trhliny nebo deformace
- spřažení vozů musí být takové, aby pružiny nárazníků byly mírně stlačeny. Nesmí být poškozené, tak aby znemožňovalo spojení s jinými vozy nebo mělo vliv na funkci tažného ústrojí
- nesmí se vyskytovat žádná z těchto závad:
 - poškození vypružení (pružícího elementu)
 - lom hlavního listu pružnice nebo mezilistu
 - poškození nebo lom táhlové pružiny
- vodítko tažného háku a dřík tažného háku nesmějí být opotřebený tak aby se hák mohl ve vedení otáčet
- nesmí být znečištěno přepravovanými substráty
- vzdálenost osazení tažného háku od vodítka minimálně 65 mm
- po nebezpečné manipulaci musí prohlédnuto
- příslušné části a místa tažného ústrojí musí být mazána
- nepoužité šroubovky musí být zajištěny zavěšením na háček na čelníku vozu. Není-li zavěšení možné, šroubovka musí volně viset minimálně 140 mm nad hlavou kolejnice

Požadavky na tažné ústrojí kolejových vozidel jsou dány podle [6].

Při přistavení vozidla k opravě se provádí:

1. Kontrola základních rozměrů a vůlí daných měřicími listy pro vozidlo jako celek, nevyhovující rozměry se zaevidují, aby jim mohla být věnována zvýšená pozornost v průběhu opravy kolejového vozidla.
2. Diagnostická kontrola všech dílů a uzlů, u kterých je možné diagnostiky využít. Po vyhodnocení diagnostických zkoušek se provede demontáž konstrukčních skupin a dílů, které nevyhověly diagnostické kontrole a jejichž opravu nelze provést na vozidle.
3. Demontáž konstrukčních skupin a dílů, u kterých nelze provést kontrolu technického stavu a případnou opravu na vozidle.

Narážecí ústrojí – oprava se provádí v souladu s předpisem ČD V 99/14.

ČD V 99/14 - Opravy trubkových nárazníků s prstencovou pružinou

Ukázka měřicího listu:

Tabulka 1: Měřicí list základních rozměrů elektrických posunovacích lokomotiv

-E 426.0, E 457.0, E 458.0, E 458.1, S 458.0, podle [7]

OZNAČENÍ	ROZMĚR (mm)
A ₁	1060 + 5 - 10
A ₂	1060+ 5 - 10
B ₁	1050+ 5 - 10
B ₂	1050+ 5 - 10
C ₁	30 + 5 - 10
C ₂	30 + 5 - 10
C ₃	30 + 5 - 10
C ₄	30 + 5 - 10
D ₁	50 + 5 - 10
D ₂	50 + 5 - 10
E ₁	60 + 5 - 10
E ₂	60 + 5 - 10

OZNAČENÍ	ROZMĚR (mm)
F ₁	30 + 10 - 5
F ₂	30 + 10 - 5
H ₁	55 + 5
H ₂	55 + 5
H ₃	55 + 5
H ₄	55 + 5
J ₁	160 ± 10
J ₂	160 ± 10
K ₁	20 ± 5
K ₂	20 ± 5
K ₃	20 ± 5
K ₄	20 ± 5

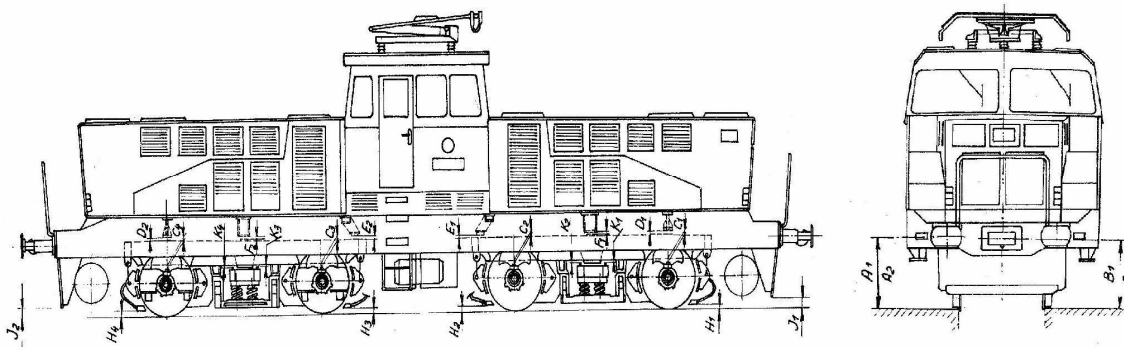
Měření se provádí na koleji ustavené do vodorovné roviny a rovné ve směru podélném o minimálním rozchodu.

Rozdíl ve výškách pravého a levého nárazníku nesmí být větší než 5 mm.

Rozdíl ve výškách předního a zadního nárazníku nesmí být větší než 7 mm.

A_1, A_2 - výška středu předního a zadního nárazníku

B_1, B_2 - výška středu předního a zadního tažného ústrojí



Obr.6 Základní rozměry a vůle elektrických posunovacích lokomotiv pro měřicí list podle [7]

Údržba tažného a nárazecího ústrojí železničních nákladních vozů

Na voze musí být po opravě ponechány vždy nárazníky, tažné ústrojí a šroubovky stejného typu. Při demontáži upevňovacích šroubů nárazníků musí být zabráněno tepelnému ovlivnění nárazníků. Při údržbě vozu se tažné a nárazecí ústrojí demontuje z vozu a opraví podle předpisu ČD V 99/14.

U vozů I. udržovací skupiny se demontáž tažného a nárazecího ústrojí provádí po 6 letech od poslední opravy tohoto uzlu. Při revizi vozů v mezidobí po 2 a 4 letech se vykoná kontrola na vozu s následujícím rozsahem:

Narázecí ústrojí nákladních vozů

Kontrola při údržbě nárazecího ústrojí nákladních vozů se provádí podle následujících bodů a musí splňovat následující parametry:

- nárazník vizuálně prohlédnout na výskyt deformací popřípadě trhlin, v případě podezření na výskyt trhlin provést kontrolu magnetickou metodou
- kontrola upevnění nárazníků na čelníku vozu
- nárazník nesmí mít stopy po tepelném zásahu a zápalech

- vůle mezi trubkou a košem nárazníku může být max. 4 mm
- nevypružený chod nárazníku musí být nulový
- sváry v přechodu trubky koše do základní desky a sváry v přechodu tělesa nárazníku do podložky talíře a z podložky talíře do talíře vizuálně prohlédnout, v případě podezření na výskyt trhlin provést kontrolu magnetickou metodou
- kontrola stavu čelní plochy talíře; ve středu talíře je dovoleno maximální opotřebení 3 mm
- provede se namazání trubky a čelní plochy talíře nárazníku schváleným mazacím tukem
- kontrola případně obnovení značek podle TNŽ 28 0083

Tažné ústrojí nákladních vozů

Tažné ústrojí nákladních vozů musí při kontrole splňovat následující požadavky:

- opotřebení čtyřhranu háku ve styku s vodítkem max. 5 mm
- opotřebení tažného háku v záběrném bodě může být maximálně. 7 mm
- rozevření tažného háku musí být v rozmezí hodnot 41 – 46,5 mm
- délka pryžokovového vypružení UNICUPLER musí být v rozmezí 180 – 184 mm, opotřeбенé lamely vyměnit (v případě použití jiného typu vypružení platí technické parametry pro daný typ vypružení);
- při kontrole šroubovky se provede vizuální kontrola a vyzkouší se její funkce protočením v celé délce závitu včetně, šroubovka nefunkční nebo s viditelně poškozenými částmi šroubovky musí být opravena nebo vyměněna. Vůle mezi otvory a příslušným čepem smí činit max. 4 mm.
- tloušťka třmene v místech dotyku s hákem může být minimálně 38 mm

Údržba tažného ústrojí nákladních vozů je prováděna s následujícími předpoklady:

- tážný hák s trhlami musí být vyměněn
- kontrola háčku pro zavěšení šroubovky; poškozený háček opravit případně dosadit nový
- vodítko tažného háku a otočný čep tažného ústrojí se namaže schváleným plastickým mazivem
- šroubovka se namaže schváleným plastickým mazivem

V případě zjištění nedostatků se provede demontáž poškozeného dílu z vozu a jeho oprava podle předpisu ČD V 99/14.

ČD V 99/14 - Opravy trubkových nárazníků s prstencovou pružinou

Při údržbě musí být na vůz připevněno jen nárazecí a tažné ústrojí schválené pro daný typ vozu. V případě, že pro daný vůz je schváleno více provedení, platí, že na jednom vozidle musí být tažné nebo nárazecí ústrojí stejného provedení.

K upevnění trubkových nárazníků na čelníky vozu se provádí v kombinaci:

- šroub, matice, pojistný plech
- šroub, matice, profilová pérová podložka schváleného typu
- šroub, samojistící matice

Při montáži je potřeba dodržet následující zásady:

- před montáží nárazníku se dosedací plocha pod nárazníkem zbaví rzi, očistí a obnoví se základní nátěr
- musí být dodržena rovinnost dosedací plochy pod nárazník
- pro zpětnou montáž nelze použít šrouby, matice, samojistné matice a pružné podložky geometricky znehodnocené
- plynulé dotažení matic momentovým klíčem, $M_k = 275 \text{ Nm}$. Deska nárazníku musí po celém svém obvodu dosedat na čelník vozu.
- pojistný plech lze opakovaně použít pokud není mechanicky poškozen a nevykazuje vady

Výška středů nárazníků prázdného vozu od temene kolejnice měřená na nivelizovaném pracovišti u všech vozů po revizi musí být v rozmezí: *Maximální výšková odchylka od vodorovné roviny na měřících místech nesmí přesáhnout 1 mm. Střed talíře nárazníku je tvořen průsečíkem vodorovné a svislé osy talíře.*

Výška středů nárazníků	1 060 ⁺⁵ ₋₂₀ mm
------------------------	---------------------------------------

dovolený rozdíl výšek středů nárazníků na čelníku	15 mm
---	-------

dovolený rozdíl výšek středů nárazníků na voze	25 mm
--	-------

Vzdálenost od talíře nestlačených nárazníků k záběrnému bodu nevytaženého tažného háku musí být v mezích	335 – 400 mm.
--	---------------

Rozteč středů nárazníků musí být v rozmezí	1740 – 1760 mm.
--	-----------------

V případě, že nelze dodržet minimální výšku nárazníků, je možné u vozů s pružnicemi použít podložky pod pružnice. Použité podložky musí být stejné výšky a to na jednom dvojkolí u dvounápravových vozů a v jednom podvozku u vícenápravových vozů.

Parametry pro údržbu tažného a nárazecího ústrojí železničních nákladních vozů jsou dány podle [8].

3 Analýza současného stavu měření výšky nárazníků kolejových vozidel

Nejčastěji používané metody pro měření výšky středu nárazníku v depech kolejových vozidel:

1) měření metrem nebo přípravkem s metrickou stupnicí

Pro svoji jednoduchost a rychlost je tato metoda nejčastěji používaná v praxi. Jako měřidla se používají lámací metry nebo tyče a přípravky s metrickou stupnicí.

Postup měření:

1. označení středu nárazníku na čele nárazníku – označení se provádí vedením dvou čar z protilehlých rohů (zaoblení) nárazníku, průsečík těchto úhlopříček je střed nárazníku
2. vlastní měření - přiložením měřidla k temenu kolejnice a středu nárazníku
 - odečtení hodnoty ze stupnice

Tato metoda je velmi rychlá, ale nepřesná. Při použití této metody je vysoké riziko vzniku nepřesnosti měření, jak odchylky vzniklé ze strany pracovníka tak i parametry geometrie, které jsou popsány v kapitole 4.1

Výhody

- rychlost a jednoduchost měření
- nenáročnost na obsluhu
- cena měřidla
- není potřeba kalibrace měřidla

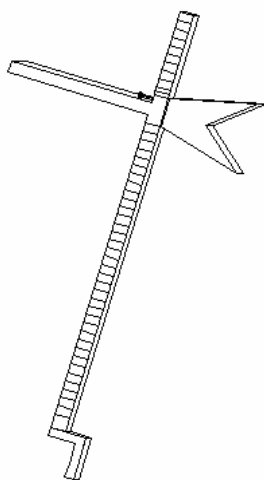
Nevýhody

- vysoká pravděpodobnost nepřesnosti měření
- zakreslení středu talíře nárazníku



Obr.7 Měření výšky středů nárazníků v provozu kolejových vozidel

Přípravek pro měření výšky středů nárazníků, který používají v Depu kolejových vozidel Česká Třebová (obr.8) je opatřen ve spodní části zalomením, které se přikládá k temenu kolejnice z vnitřní strany koleje. V horní části přípravku je posuvná lišta, jejíchž vrchní hrana se při měření přikládá ke středu nárazníku a zároveň určuje naměřenou hodnotu na metrické stupnici. Posuvná lišta je opatřena dutinou, v které je nasazena tyč se stupnicí. Uchycení posuvné části ve stabilní poloze je realizováno přitáhnutím šroubu [9]. Při použití tohoto přípravku je naměřená výška středu nárazníku přesnější než při použití metru, protože střed nárazníku neleží kolmo nad kolejnicí (viz. kapitola 4.1). Přípravek je při měření držen ve svislé poloze a díky prodloužené části posuvné lišty, je možno přiložit lištu ke středu nárazníku.



Obr.8 Přípravek s metrickou stupnicí

2) měření mechanickým měřidlem

Tato metoda není příliš používaná. Měřidlo (obr.9) je ve své podstatě teleskopická tyč s metrickou stupnicí. V horní části má dva výstupky od sebe vzdálené 350 mm, tak aby se mezi ně dal uchytit talíř nárazníku. Uprostřed mezi těmito výstupky je otvor se značkou, která slouží k zaměření středu nárazníku [10].

Postup měření:

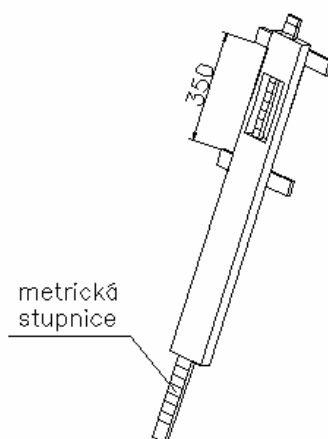
1. uchycení horní částí teleskopické tyče k talíři nárazníku
2. nastavení otvoru se značkou na střed nárazníku v příčném směru
3. odečtení hodnoty ze stupnice

Nevýhodou této metody je měření výšky středu nárazníku kolmo pod nárazníkem, kde se nenachází temeno kolejnice. Rozteč os nárazníků je větší než rozchod koleje. Kolejnice

většinou navazují v DKV z vnější strany na povrch podlahy, proto je výška středu nárazníku měřena k podlaze.

Výhody - není potřeba vyměřovat střed talíře nárazníku

Nevýhody - nepřesnost měření



Obr.9 Měřidlo pro měření výšky nárazníků

4 Výběr metody měření s návrhem zařízení a postupu měření

Vzhledem k technickému vývoji existují relativně nové měřicí přístroje, například laserové a ultrazvukové dálkoměry. V současnosti dochází k rozšíření laserových dálkoměrů, kterému napomáhá pokles cen těchto výrobků. Laserové dálkoměry byly vyvinuty švýcarskou firmou Leica, dnes jsou vyráběny celou řadou výrobců.

Popis laserových dálkoměrů

Tyto přístroje slouží k rychlému a přesnému měření vzdáleností. Princip měření spočívá v zaměření laserového paprsku na bod, ke kterému chceme vzdálenost měřit a stisknutí tlačítka, pak se naměřená hodnota zobrazí na digitálním displeji.

Princip měření laserových dálkoměrů

Princip měření je založen na pasivním odrazu viditelného laserového paprsku od předmětu, ke kterému vzdálenost měříme. Dosah přístroje a čas měření závisí na schopnostech reflexe měřeného předmětu. Většina vzdáleností je naměřena v čase do jedné sekundy. Pro měření

na větší vzdálenosti (nad 50 m tato vzdálenost je závislá na druhu odrazného povrchu) se používají cílové odrazné tabulky se speciální povrchovou úpravou.

Porovnání laserových a ultrazvukových dálkoměrů

Každý z těchto přístrojů využívá jiný fyzikální princip. Oba typy představují moderní metody měření vzdáleností, nahrazující klasické metody (pásma, měřicí tyče, atd.). Do oboru měření přinášejí vyšší rychlost a přesnost oproti klasickým metodám měření. Pro tyto přístroje nejsou překážkou vodní plochy, výkopy apod. Laserové i ultrazvukové dálkoměry jsou vybaveny funkcemi pro výpočty délek, ploch a objemů. Naměřené údaje se dají přímo v přístroji sčítat, odčítat a násobit.

Ultrazvukové dálkoměry

Ultrazvukové měřiče měří vzdálenost pomocí odrazu ultrazvukových vln od měřené plochy. Přístroje využívající ultrazvuk mají omezenou přesnost asi 0,5% hodnoty naměřené vzdálenosti. Další nevýhodou je potřeba velké odrazové plochy, která se v závislosti na vzdálenosti zvětšuje (\varnothing 0,3 m při vzdálenosti 3 m, \varnothing 1 m při vzdálenosti 10 m). Odrazová plocha musí být rovná, v cestě ultrazvukových vln nesmí být žádná překážka a zaměření musí být kolmé. Dosah těchto přístrojů je kolem 18 m s pasivním odrazem a 50 až 60 m s aktivním elektronickým odražečem. Výhodou ultrazvukových dálkoměrů je spolehlivé měření od skleněných ploch. Přes tato omezení se ultrazvukové dálkoměry používají v řadě aplikací, kde jejich vlastnosti dostačují.

laserové dálkoměry

U přístrojů využívajících laserový paprsek tyto omezení neexistují. Cílová plocha laserového paprsku je téměř bodová (\varnothing 6 mm při vzdálenosti 10 m, \varnothing 30 mm při vzdálenosti 50 m, \varnothing 60 mm při vzdálenosti 100 m). Tato vlastnost umožňuje měření od zakřivených ploch, různých výstupků, sloupů, potrubí, rohů apod. Laserový paprsek může navíc dopadat na měřenou plochu pod úhlem až 85°, může také procházet v blízkosti jiných předmětů, stačí přímková viditelnost na cíl měření. Dosah těchto přístrojů je až 200 m, pro vzdálenosti vyšší než 60 m se používají odrazné destičky. Laserové dálkoměry měří vzdálenosti s přesností $\pm 1,5$ mm. Oproti ultrazvukovým dálkoměrům jsou vybaveny dalšími matematickými funkcemi (sklonoměr, kalkulačka, funkce maximální a minimální délky, Pythagorova věta). Nevýhodou laserových dálkoměrů je nespolehlivost odrazu od průhledných ploch.

Počátek měření lze nastavit od závitů pro stativ, od přední nebo zadní hrany dálkoměru. Laserové dálkoměry jsou také vybaveny zabudovanou libelou ke zjištění vodorovné roviny

při měření. Laserové dálkoměry mají ergonomický tvar pro příjemnější zacházení a malou hmotnost, která se pohybuje od 90 g do 280 g v závislosti na rozměrech a typu dálkoměru.

Parametry laserových dálkoměrů jsou podle [11]:

Délka	do 150 mm
Šířka	do 65 mm
Tloušťka	do 40 mm



Obr.10 Laserový dálkoměr [11]

4.1 Analýza geometrie ve vztahu měření výšky nárazníků

Pro navržení spolehlivé metody měření výšky nárazníků je nutné znát vztah kolejového vozidla a koleje. Kolej je tvořena dvěma kolejnicovými pásy, které jsou uloženy na pražcích pomocí upevňovacích prvků. Kolejnicové pásy jsou tvořeny širokopatními nebo žlábkovými kolejnicemi. Žlábkové kolejnice se používají na kolejích uložených ve vozovce. Kolejnicové pásy bývají uloženy ve sklonu 1:20 nebo 1:40, pomocí ocelové podkladnice. Toto uložení se používá ke zvětšení stability kolejnicového pásu v příčném směru. Normální rozchod koleje je 1435 mm s tolerancí +5 mm/-3 mm. Mimo normální rozchod se v zahraničí využívá široký a úzký rozchod. Rozchod koleje se měří ve výšce 14 mm pod rovinou temene kolejnice. Rozchod dvojkolí je menší než rozchod koleje, od jmenovité hodnoty se liší o přípustné tolerance. Rozchod dvojkolí je vzdálenost mezi kružnicemi, které mají průměr o 20 mm větší než je průměr kol. Parametry koleje jsou dány podle [2].

Výška středu nárazníku je měřena od podélné osy nárazníku po temeno kolejnice. Rozteč os nárazníků je 1750 mm a rozchod koleje 1435 mm. Z těchto hodnot vyplývá, že střed nárazníku neleží kolmo nad temenem kolejnice (obr.11). Při pohledu na čelo vozidla tvoří

spojnice středů nárazníků s osami kolejnic pravidelný lichoběžník (v ideálním případě), kde základnu tvoří rozchod koleje. Měřená vzdálenost od středu nárazníku po temeno kolejnice je vyšší než výška středu nárazníku, z tohoto důvodu jsou metody měření výšky nárazníků popsané v kapitole 3. nepřesné.

Z bokorysu je zřejmé, že měřená výška musí být kolmá na rovinu temene kolejnice. Jestliže není tato podmínka splněna vzniká nežádoucí odchylka měření. Je-li výška měřena v několika různých bodech na kolejnici, tak se jako výchozí hodnota bere nejkratší naměřená vzdálenost. Toto opatření provádíme z toho důvodu, aby se naměřená výška co nejvíce přibližovala kolmé vzdálenosti od temene kolejnice po střed nárazníku. Závislost mezi výškou středu nárazníku a nepřesně změřenou výškou je dán vztahem:

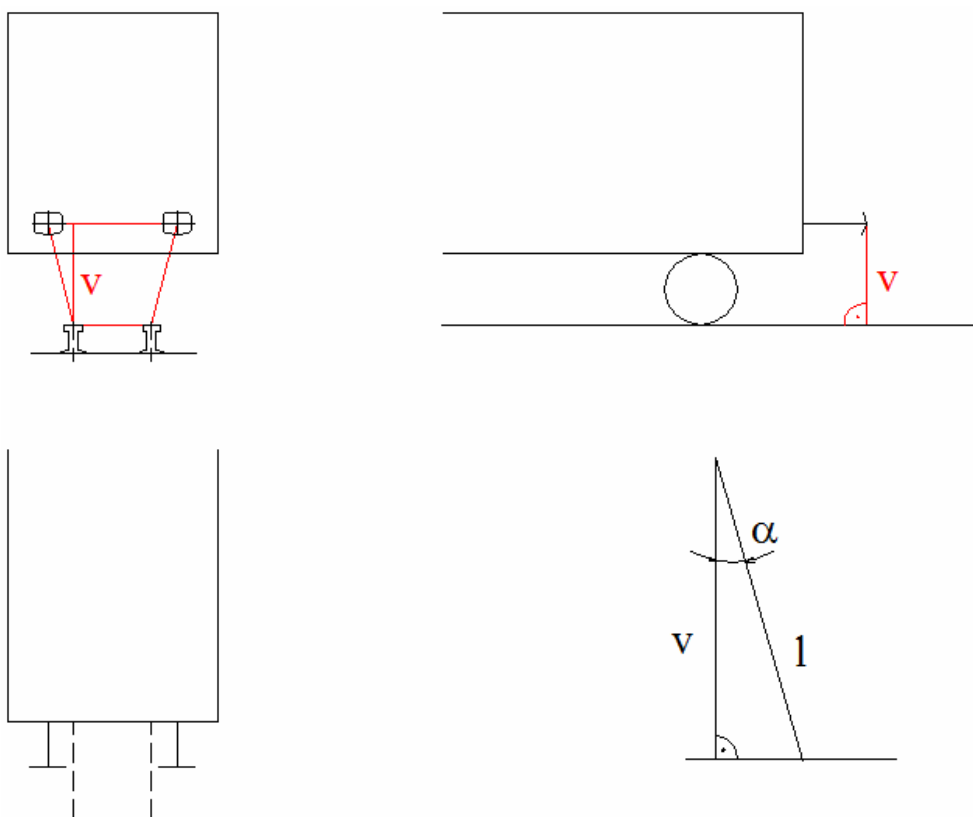
$$\cos \alpha = \frac{v}{l} \quad (8)$$

$$v = l \cdot \cos \alpha$$

v - výška středu nárazníku [mm]

l - nepřesně měřená výška [mm]

α - úhel mezi kolnou výškou a nepřesně měřenou výškou [°]



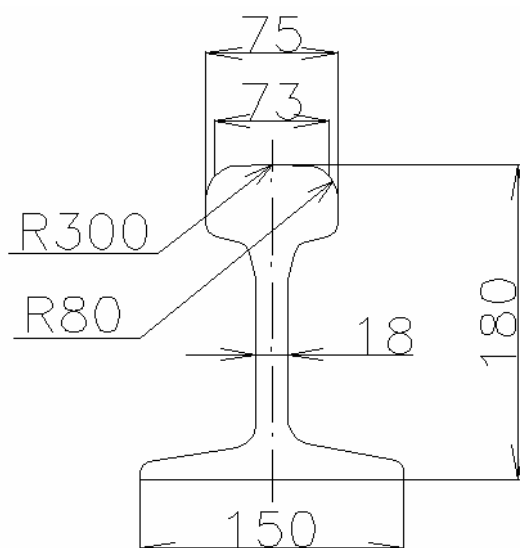
Obr.11 Výška středů nárazníků vzhledem k temenu kolejnice

Vliv uložení kolejnice na měření výšky nárazníků

Kolejnice bývají uloženy na prážcích pomocí ocelových podkladnic se sklonem 1:20 nebo 1:40. V následující části je analyzován sklon kolejnice 1:20 pro širokopatní kolejnici R 65. V případě sklonu 1:40 by byly vypočítané odchylky měření nižší než v případě uložení se sklonem 1:20.

Na průřezu kolejnice R 65 (obr.12) jsou zakótovány základní rozměry. Šířka hlavy kolejnice je 75 mm a poloměr zaoblení temena kolejnice 300 mm.

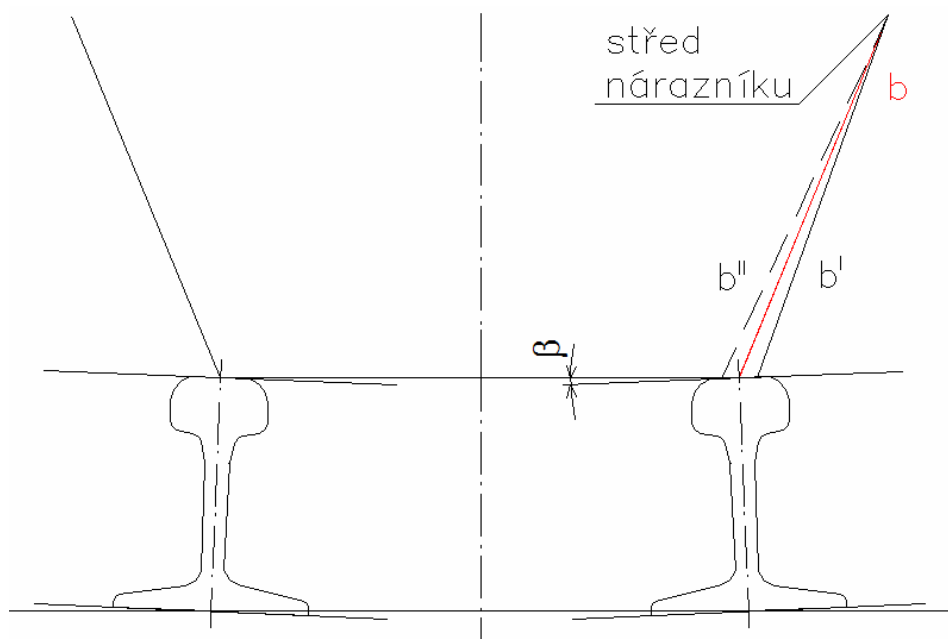
Sklon kolejnice a zaoblení temene kolejnice má vliv na měření výšky nárazníků v závislosti na vzdálenosti měření od osy kolejnicového pásu. Měření výšky nárazníků by mělo být prováděno na osu kolejnicového pásu. V následující části jsou popsány odchylky a závislosti není-li tato podmínka splněna.



Obr.12 Širokopatní kolejnice R 65 podle[2]

Kolejnicové pásy jsou skloněny směrem dovnitř kolejiště (obr.13). Rovina temene kolejnice svírá s vodorovnou rovinou úhel β . Vlivem tohoto sklonu v závislosti na vzdálenosti měření od osy kolejnice vznikají odchylky měření. Měřená vzdálenost od středu nárazníku po temeno kolejnice na osu kolejnice je požadovaná, vzdálenost měřená směrem vně koleje je kratší než požadovaná vzdálenost a naopak vzdálenost měřená směrem dovnitř koleje je delší než požadovaná vzdálenost.

$$b'' > b > b' \quad (9)$$



Obr.13 Uložení kolejnicových pásů se sklonem 1:20

- b - vzdálenost středu nárazníku po temeno kolejnice (na osu kolejnice) [mm]
- b^I - vzdálenost středu nárazníku po temeno kolejnice, měřená na vnější straně kolejnice v určité vzdálenosti od osy kolejnice [mm]
- b^{II} - vzdálenost středu nárazníku po temeno kolejnice, měřená na vnitřní straně kolejnice v určité vzdálenosti od osy kolejnice [mm]

Za předpokladu sklonu kolejnice 1:20 platí:

$$\begin{aligned} \cos a &= \frac{1}{20} \Rightarrow a = 87^{\circ}8'2'' \\ b &= 90^{\circ} - 87^{\circ}8'2'' = 2^{\circ}51'58'' \end{aligned} \quad (10)$$

- α - úhel sklonu kolejnice [$^{\circ}$]
- β - úhel mezi rovinnou temene kolejnice a vodorovnou rovinou [$^{\circ}$]

Vypočítané hodnoty odchylky měření na základě vzdálenosti měření od osy kolejnice a úhlu mezi rovinnou temene kolejnice a vodorovnou rovinou (obr.14).

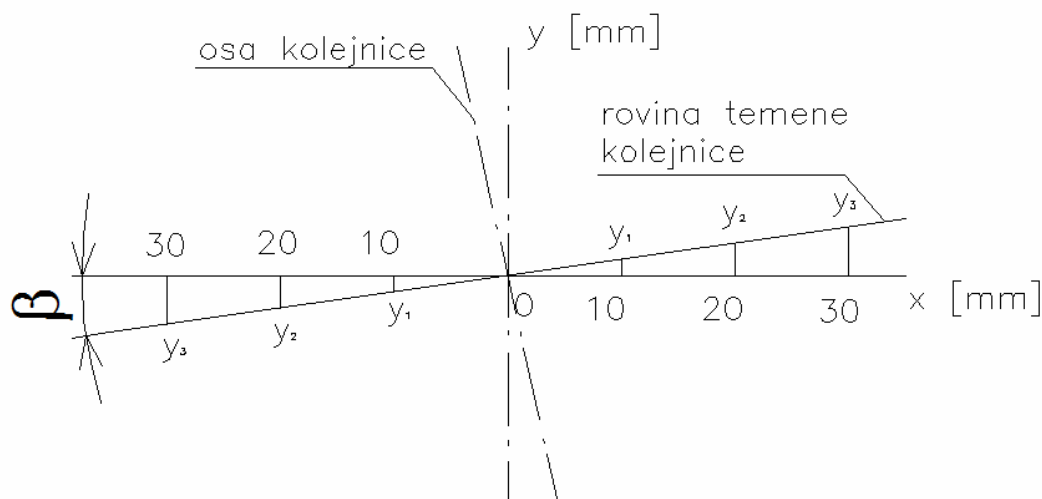
$$\begin{aligned} \operatorname{tg} b &= \frac{y}{x} \\ y &= x \cdot \operatorname{tg} b \end{aligned} \quad (11)$$

x – vzdálenost od osy kolejnice [mm]

y – odchylka měření vzhledem ke sklonu kolejnice [mm]

Tabulka 2. Vypočítané odchylky měření vlivem sklonu roviny temene kolejnice v závislosti na vzdálenosti měření od osy kolejnice

x [mm]	y [mm]
0	0
10	0,5
20	1
30	1,5



Obr.14 Odchylka měření výšky středu nárazníku v závislosti na sklonu kolejnice

Na základě předchozí analýzy jsou stanoveny vztahy:

$$b' = b - x \cdot \tan \beta \quad [\text{mm}] \quad (12)$$

$$b'' = b + x \cdot \tan \beta \quad [\text{mm}] \quad (13)$$

Pro $\beta = 2^\circ 51' 58''$

$$b' \cong b - 0,05 \cdot x \quad [\text{mm}]$$

$$b'' \cong b + 0,05 \cdot x \quad [\text{mm}]$$

Vliv zaoblení temene kolejnice na měření výšky nárazníků

Pro přesnější vyjádření odchylek měření musíme zahrnout také zaoblení temene kolejnice (obr.15). Poloměr zaoblení temena kolejnice je 300 mm.

Vypočítané hodnoty odchylky měření na základě vzdálenosti od osy kolejnice

x – vzdálenost od osy kolejnice [mm]

z – odchylka měření vzhledem k zaoblení temene kolejnice [mm]

Hodnoty „z“ (tab.3) jsou vypočítány pomocí Pythagorovy věty a analytické geometrie na základě hodnoty „x“. Potom byly hodnoty zadány do programu Microsoft Excel následně

vytvořen graf. Pro získání závislosti těchto hodnot byla využita funkce „přidat spojnicí trendu“ (polynomická).

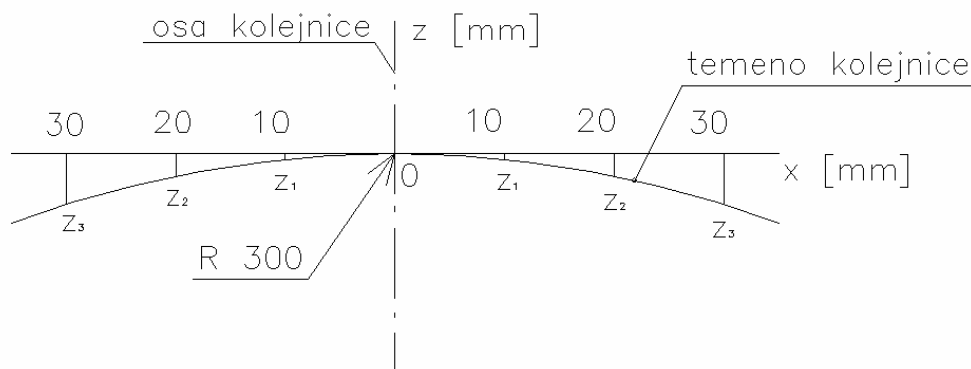
Tabulka 3. Vypočítané odchylky měření vlivem zaoblení temene kolejnice v závislosti na vzdálenosti měření od osy kolejnice

x [mm]	z [mm]
0	0
5	0,04166
10	0,166
15	0,37476
20	0,6659
25	1,0398
30	1,496

Rovnice vypočítaná pomocí programu Microsoft Excel, hodnota spolehlivosti R je rovna 1.

$$z = 1,7 \cdot 10^{-3} \cdot x^2 + 1 \cdot 10^{-4} \cdot x - 3 \cdot 10^{-4} \text{ [mm]} \quad (14)$$

$$R^2 = 1$$



Obr.15 Odchylka měření výšky středu nárazníku v závislosti na zaoblení temene kolejnice

Při zahrnutí vlivu sklonu kolejnice i zaoblení temene kolejnice na měření výšky středů nárazníků v závislosti na vzdálenosti měření od osy kolejnice jsou výsledné vztahy následující:

$$b' = b - x \cdot \operatorname{tg} b + z \text{ [mm]}, \quad \text{kde } z = 1,7 \cdot 10^{-3} \cdot x^2 + 1 \cdot 10^{-4} \cdot x - 3 \cdot 10^{-4} \text{ [mm]}$$

$$b'' = b + x \cdot \operatorname{tg} b + z \text{ [mm]}, \quad \text{kde } z = 1,7 \cdot 10^{-3} \cdot x^2 + 1 \cdot 10^{-4} \cdot x - 3 \cdot 10^{-4} \text{ [mm]}$$

V případě „b^I“ vzdálenost středu nárazníku po temeno kolejnice, měřená na vnější straně kolejnice jsou odchylky měření zanedbatelné. Je to způsobené tím, že odchylky sklonu i odchylky zaoblení mají zhruba stejný průběh (viz. tabulka 2. a 3.) a navzájem se kompenzují (odchylka zaoblení je přičítána a odchylka sklonu odčítána, $x = 30 \text{ mm} \Rightarrow$ odchylka 0,1 mm).

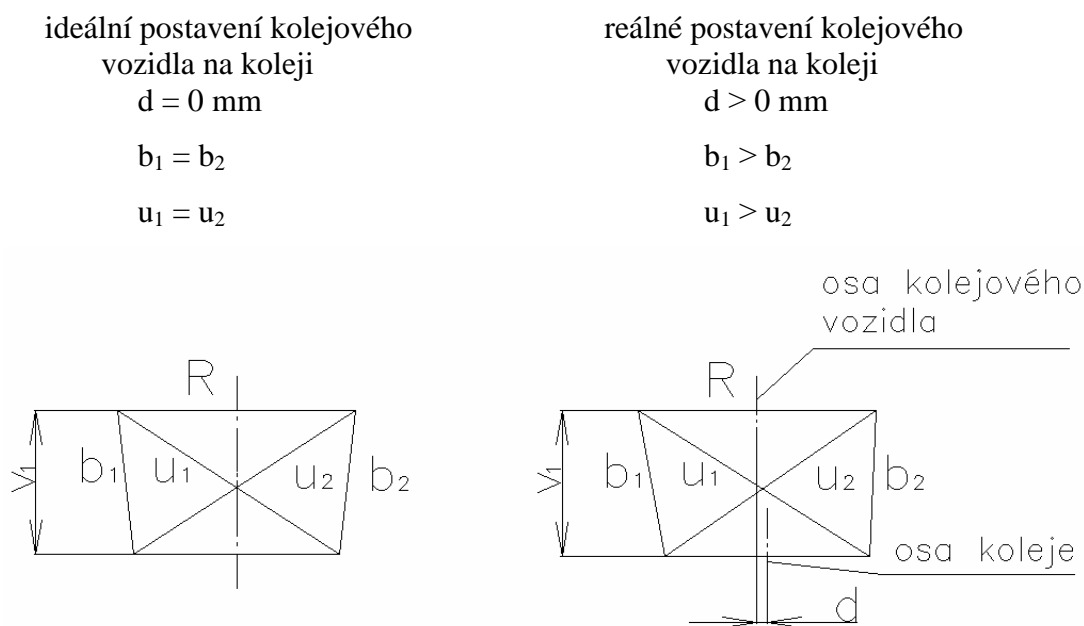
V případě „b^{II}“ vzdálenost středu nárazníku po temeno kolejnice, měřená na vnitřní straně kolejnice se odchylky sčítají a tím se zvyšuje nepřesnost měření ($x = 30 \text{ mm} \Rightarrow$ odchylka 3 mm).

Analýza souososti vozidla s koleji

Měření základních rozměrů je prováděno na nivelizovaném pracovišti o minimálním rozchodu. Minimální rozchod se používá z toho důvodu aby nedocházelo k velkým nerovnoměrnostem postavení kolejového vozidla a koleje.

Vlevo (obr.16) je nakresleno schéma ideálního postavení kolejového vozidla na koleji. Osa kolejového vozidla se shoduje s osou koleje a zároveň vzdálenosti středů nárazníků po temeno kolejnice a délky úhlopříček se navzájem rovnají. Také výšky středů nárazníků se rovnají, pokud nejsou jinak poškozeny.

Vpravo (obr.16) je nakresleno schéma, kdy osa kolejového vozidla a osa koleje mají mezi sebou určitou vzdálenost „d“. Z toho vyplývá, že vzdálenosti středů nárazníků po temeno kolejnice a délky úhlopříček se nerovnají. V závislosti na zvětšování vzdálenosti mezi osou kolejového vozidla a osou koleje se zvětšuje délka úhlopříčky u_1 a zároveň se zmenšuje délka úhlopříčky u_2 . To stejné pravidlo platí i pro vzdálenosti středů nárazníků po temeno kolejnice b_1 a b_2 . Na hodnotě vzdálenosti mezi osou kolejového vozidla a osou koleje závisí také výšky středů nárazníků, dány parametry jízdního obrysu železničního dvojkolí. V případě (obr.16) vpravo platí $v_1 > v_2$, jestliže nepřehlídíme k jiným poškozením nárazníků.



Obr.16 Poloha kolejového vozidla vzhledem k poloze koleje

- R - rozteč os nárazníků [mm]
 $b_{1,2}$ - vzdálenosti středů nárazníků po temeno kolejnice [mm]
 $u_{1,2}$ - délky úhlopříček [mm]
 d - vzdálenost mezi osou kolejového vozidla a osou koleje [mm]

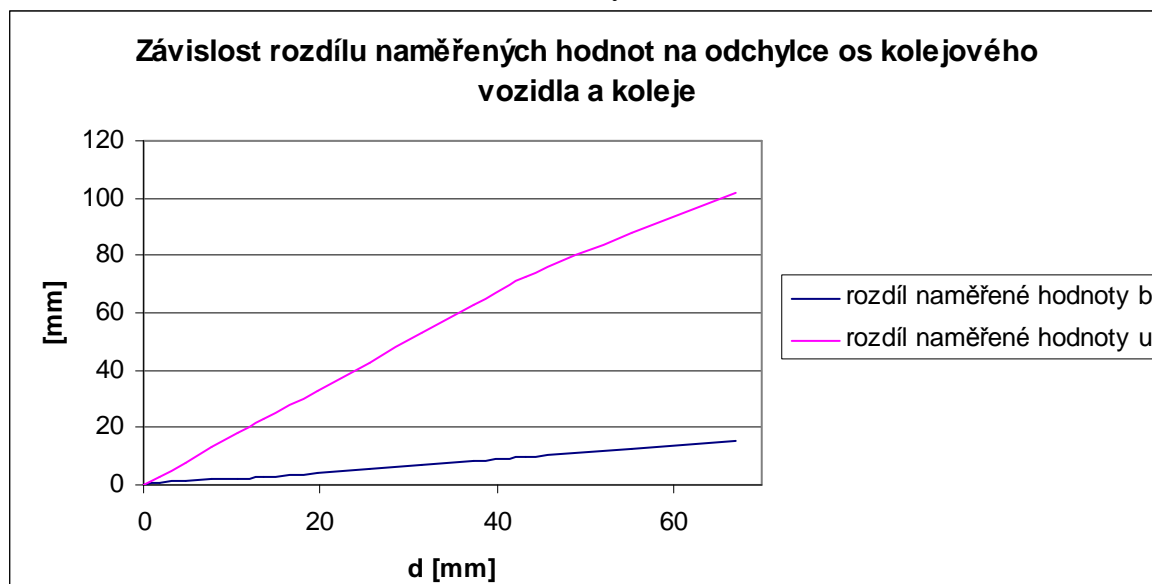
V grafu (graf 1) jsou vyneseny vypočítané hodnoty vzdálenosti středů nárazníků po temeno kolejnice a délky úhlopříček (obr.16) v závislosti na vzdálenosti mezi osou kolejového vozidla a osou koleje, kde:

$$b = b_1 - b_2 \text{ [mm]}$$

$$u = u_1 - u_2 \text{ [mm]}$$

Graf byl vypracován v programu Microsoft Excel.

Graf 1 Závislost rozdílu naměřených hodnot na vzdálenosti „d“

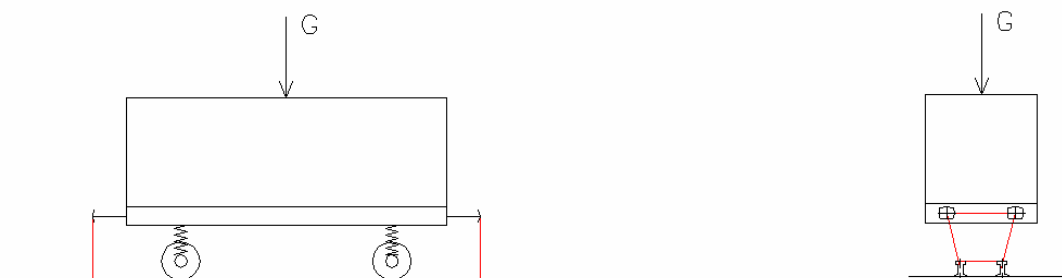


4.2 Předpoklady pro měření

Kontrola základních rozměrů a vůlí je prováděna na nivelizovaném pracovišti, kde maximální výšková odchylka od vodorovné roviny nesmí přesáhnout 1 mm. Při analýze současného stavu měření rozměrových parametrů kolejových vozidel bylo zjištěno, že není vždy je tato podmínka splněna [9].

Není-li tato podmínka splněna mohou nastat případy: kolej se sklonem, kolej s převýšením nebo kombinace těchto případů. Tyto nenivelizované koleje mají značný vliv na měření výšky nárazníků.

Na obrázku (obr.17) lze vidět nivelizovanou kolej, na které by se mělo kontrolní měření provádět. V tomto případě je zatížení na dvojkolí rovnoměrně rozloženo a tím má i deformace vypružení kolejového vozidla stejnou hodnotu. Z těchto vlastností vyplývá, že postavení vozidla na koleji nemá vliv na výšky středů nárazníků.



Obr.17 Nivelizovaná kolej

Na obrázku (obr.18) lze vidět kolej se sklonem (vlevo) a s převýšením (vpravo). V těchto případech se těžiště vozidla nachází blíže dvojkolí, které je v nižší poloze. Také reakce vyvolané nerovnoměrným zatížením dvojkolí se ve své hodnotě liší. To znamená, že deformace vypružení v bodě 1 je větší než deformace vypružení v bodě 2. V závislosti na deformaci vypružení a sklonu koleje (nebo převýšení) je výška středu nárazníku v bodě 1 menší než výška středu nárazníku v bodě 2. Velikosti těchto nerovností se zvětšují v závislosti na růstu úhlu sklonu nebo převýšení koleje. Tyto závislosti platí pro oba případy uložení koleje.

$$R_1 > R_2 \quad [\text{N}]$$

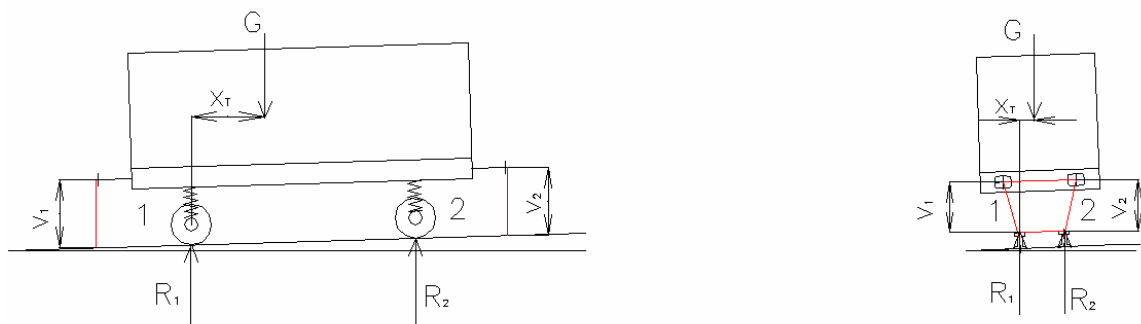
$$X_1 > X_2 \quad [\text{m}]$$

$$v_1 < v_2 \quad [\text{m}]$$

R_1, R_2 - reakce vyvolané zatížením [N]

X_1, X_2 - deformace vypružení [m]

v_1, v_2 - výšky středů nárazníků [m]



Obr.18 Kolej se sklonem a kolej s převýšením

x_T - vzdálenost těžiště od dvojkolí [m]

G - tíha kolejového vozidla [N]

4.3 Návrh postupu měření

Způsoby měření výšky nárazníků pomocí laserového dálkoměru

1. Způsob měření výšky středů nárazníků s využitím vestavěných funkcí laserového dálkoměru

Laserové dálkoměry jsou vybaveny mnoha funkcemi, které napomáhají při měření v určitých podmínkách. Laserové dálkoměry jsou vybaveny matematickými funkcemi:

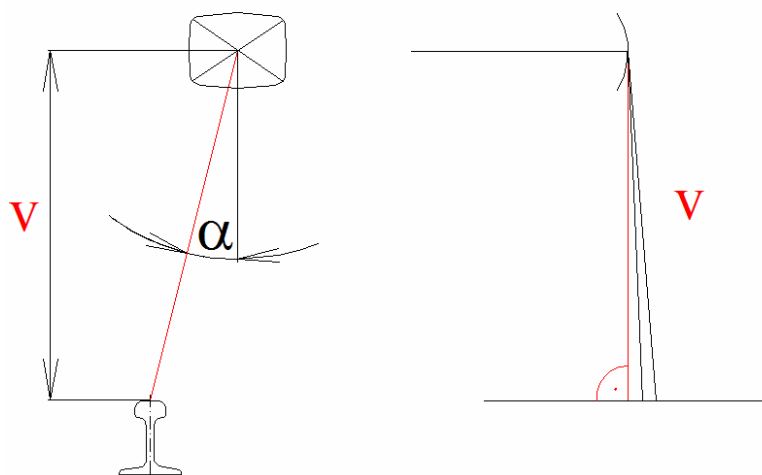
- sčítání, odčítání
- násobení
- sklonoměr
- funkce maximální a minimální délky
- Pythagorova věta.

Funkce násobení slouží pro výpočty ploch a objemů, funkce sklonoměr ke změření náklonu dané měřené vzdálenosti a následné přepočítání naměřené hodnoty do svislé nebo vodorovné polohy bez nutnosti měřit několik bodů. Funkce maximální a minimální délky slouží k vyhodnocení největší a nejmenší naměřené délky a Pythagorova věta k výpočtu nepřístupných výšek, kdy na základě dvou změřených vzdáleností přístroj vypočítá výšku mezi těmito body.

Pro měření výšky středu nárazníku využijeme vestavěné funkce sklonoměr a vyhodnocení minimální délky.

Postup měření

- Měření vzdálenosti od středu nárazníku po temeno kolejnice a úhlu náklonu, který svírá tato vzdálenost se svislou rovinou (obr.19). Toto měření provedeme pomocí funkce sklonoměr, která přepočítá naměřenou vzdálenost pomocí goniometrických funkcí na výšku nárazníku.
- Zopakovat měření pro několik různých bodů na temenu kolejnice a následný výběr nejkratší vzdálenosti, tak abychom zajistili, že naměřená vzdálenost se co nejvíce blíží pravému úhlu, při pohledu na bok vozidla. Výběr nejkratší naměřené vzdálenosti provedeme pomocí funkce maximální a minimální délky. Měření provádíme minimálně pro 3 různé body na temenu kolejnice.



Obr.19 Měření výšky nárazníku s využitím vestavěných funkcí laserového dálkoměru

Výhody - rychlost měření

- přesnost měření

Nevýhody - vyšší cena požadovaného laserového dálkoměru

2. Způsob měření výšky středů nárazníků bez vestavěných funkcí laserového dálkoměru

Způsob měření bez vestavěných funkcí laserového dálkoměru spočívá ve změření vzdáleností od středu nárazníku po temeno kolejnice a úhlopříček lichoběžníku při pohledu na čelo vozidla (obr.20). A následného výpočtu úhlu α a výšky středu nárazníku pomocí kosinové věty a goniometrické funkce sinus. Z obrázku je patrné, že pro výpočet potřebujeme vzdálenost b jednoho nárazníku a úhlopříčku měřenou od druhého nárazníku, protože měření od temene kolejnice by bylo těžce realizovatelné. Z této vlastnosti vyplývá, že je potřeba přípravek na každý nárazník zvlášť nebo naměřit vzdálenosti od jednoho středu nárazníku,

zapsat si je, potom zopakovat pro druhý nárazník. To by mohlo vést k záměně naměřených hodnot a tím k nepřesnosti výpočtu požadované výšky.

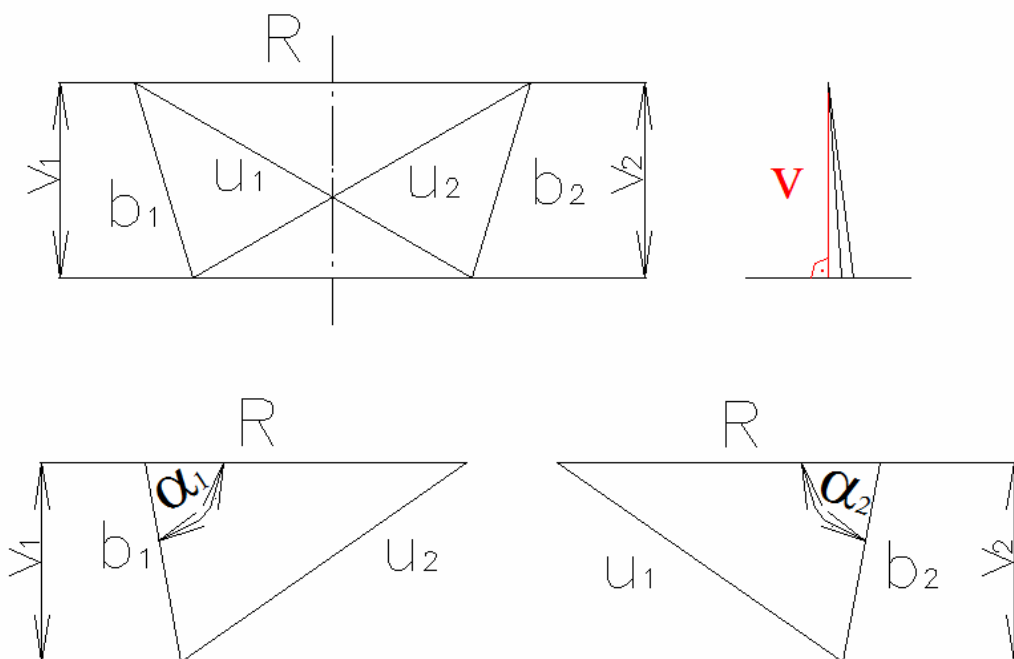
Postup měření

- Měření vzdálenosti od středu nárazníku po temeno kolejnice (b) a úhlopříčky (u)
- Zopakovat měření pro několik různých bodů na temenu kolejnice a následný výběr nejkratší vzdálenosti, tak abychom zajistili, že naměřená vzdálenost se co nejvíce blíží pravému úhlu, při pohledu na bok vozidla. Výběr nejkratší naměřené vzdálenosti provedeme pomocí funkce maximální a minimální délky.
- Určení úhlu α

levý nárazník	pravý nárazník
<p>kosinová věta $a^2 = b^2 + c^2 - 2 \cdot b \cdot c \cdot \cos a$</p> $u_2^2 = b_1^2 + R^2 - 2 \cdot b_1 \cdot R \cdot \cos a_1$ $\cos a_1 = \frac{-u_2^2 + b_1^2 + R^2}{2 \cdot b_1 \cdot R}$	$u_1^2 = b_2^2 + R^2 - 2 \cdot b_2 \cdot R \cdot \cos a_2$ $\cos a_2 = \frac{-u_1^2 + b_2^2 + R^2}{2 \cdot b_2 \cdot R} \quad (15)$

- Výpočet výšky nárazníku

$\sin a_1 = \frac{v_1}{b_1}$	$v_2 = b_2 \cdot \sin a_2 \quad (16)$
$v_1 = b_1 \cdot \sin a_1$	



Obr.20 Měření výšky nárazníku bez vestavěných funkcí laserového dálkoměru

Výhody	<ul style="list-style-type: none"> - nižší cena požadovaného laserového dálkoměru - přesnost vypočítané výšky středů nárazníků
Nevýhody	<ul style="list-style-type: none"> - pracnost výpočtu - výpočet pro každý nárazník zvlášť - časová náročnost - potřeba dvojnásobného počtu přípravků pro měření oproti 1. způsobu měření - potřeba měřit více vzdáleností - musíme znát rozteč středů nárazníků

4.4 Přípravky pro měření výšky středů nárazníků

Přípravky pro měření výšky středů nárazníků laserovým dálkoměrem jsou navrženy, tak aby měření mohla provádět jedna osoba a měřená výška byla co nejpřesnější.

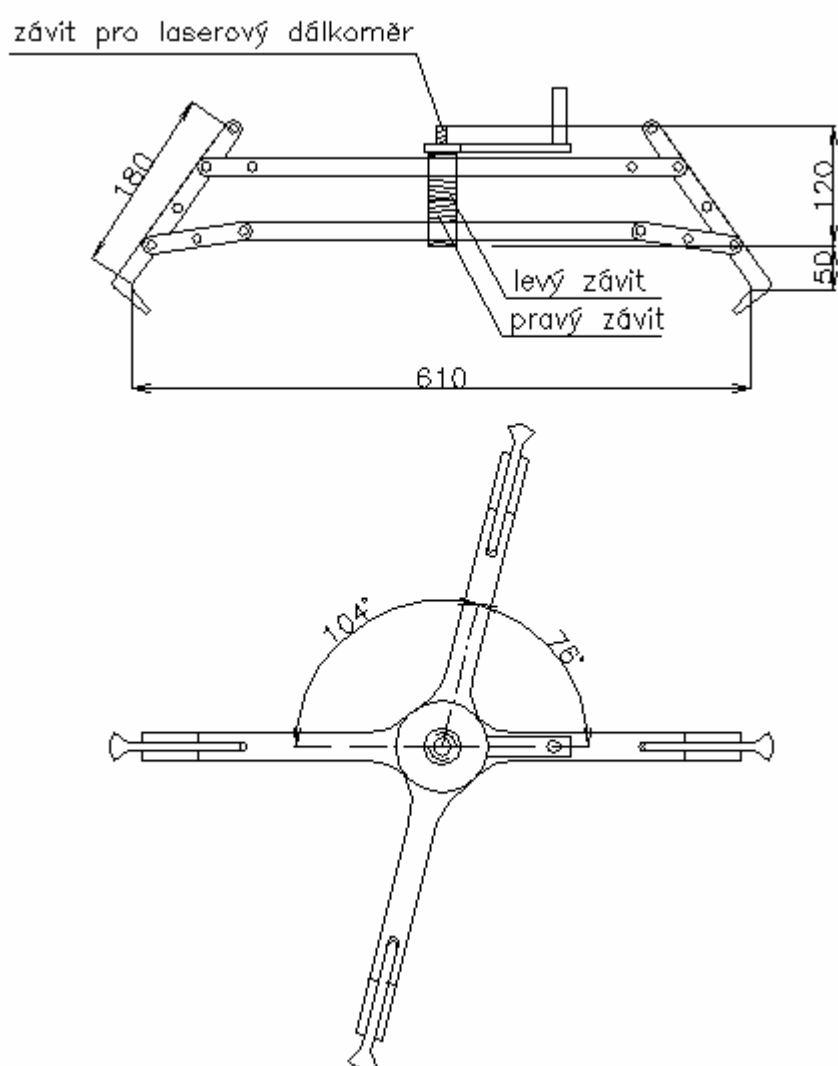
Návrh přípravku na nárazník

Přípravek na nárazník (obr.21) je navržen, tak aby při upevňování na nárazník byl laserový dálkoměr upevněn na střed talíře nárazníku. Princip uchycení přípravku na nárazník je založen na otáčení klikou, která je pevně spojena se závitovou tyčí. Tato závitová tyč je opatřena v horní části levým závitem a ve spodní části pravým závitem. V závitech jsou našroubovány dva konstrukční prvky, které mají vůči sobě vzájemnou rovnoběžnou polohu a k sobě jsou spojeny rameny pomocí šroubů. Ramena slouží k uchycení talíře nárazníku, proto jsou v dolní části opatřeny háky. Háky jsou v místě styku s nárazníkem zaobleny o stejném poloměru jako jsou zaobleny rohy nárazníků, tak aby bylo uchycení přípravku na nárazník co nejpřesnější. Uchycení přípravku na nárazník je realizováno otáčením klikou, tento pohyb způsobí pohyb horního prvku směrem dolů a spodního směrem nahoru, tím se vzdálenost mezi jednotlivými rameny rovnoměrně zkracuje. Pro větší variabilitu přípravku jsou ramena a vodorovné prvky opatřeny dalšími dírami pro šrouby. Pro zvětšení nebo zmenšení vzdálenosti mezi jednotlivými rameny stačí uchytit ramena do příslušných děr pomocí šroubů. K závitové tyči je na střed přivařen závit o menším průměru, který slouží k uchycení laserového dálkoměru.

Přípravek na nárazník se základními rozměry je uveden v příloze 1. Délka rozpětí přípravku v základní poloze ramen je od 610 mm do 550 mm. Tento rozměr je navržen pro nárazník na obrázku 2. Pro použití tohoto přípravku na ostatní typy nárazníků jsou části přípravku

opatřeny dalšími otvory, které slouží ke zvětšení nebo zmenšení vzdálenosti mezi rameny. Vzdálenost laserového dálkoměru od talíře nárazníku v utažené poloze přípravku se pohybuje kolem 180 mm. Tato vzdálenost může ovlivnit naměřenou výšku středu nárazníku, nejsou-li splněny podmínky pro měření viz. kapitola 4.2.

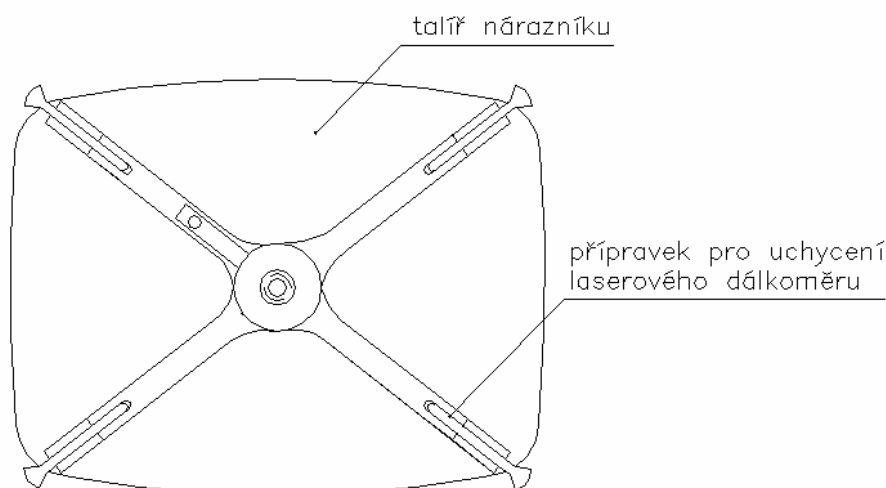
Materiál, z kterého je přípravek vyroben by měl splňovat následující požadavky. Měl by mít vysokou pevnost a nízkou hmotnost, tak aby manipulace při měření byla co nejjednodušší a aby obsluhu mohla provádět jedna osoba. Z těchto důvodů navrhuji jako materiál hliník nebo slitinu hliníku.



Obr.21 Přípravek na nárazník

Způsob uchycení přípravku na nárazník

Přípravek je k talíři nárazníku připevněn po úhlopříčkách (obr.22), tak aby během uchycování došlo k vystředění přípravku. To znamená, že se závit pro uchycení laserového dálkoměru nachází ve středu nárazníku.



Obr.22 Způsob uchycení přípravku na nárazník

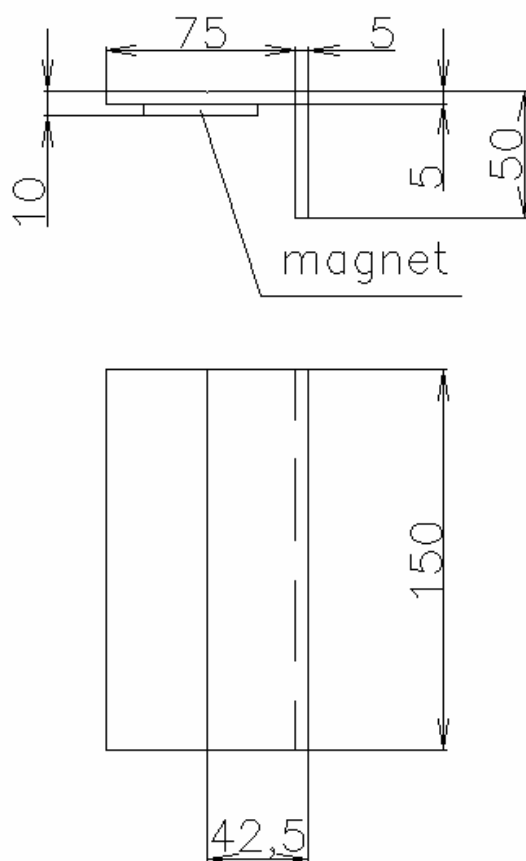
Při použití tohoto přípravku musí být počátek měření laserovým dálkoměrem nastaven od závitu pro stativ, což umožňují funkce dálkoměru.

- Výhody
- označení středu nárazníku, není potřeba vyměřovat střed
 - přesnost naměřené výšky středu nárazníku
- Nevýhody
- měření probíhá v určité vzdálenosti od nárazníku
 - při použití na jiný typ nárazníku nelze změnit úhel mezi rameny

Návrh přípravku na kolejnici

Přípravek na kolejnici (obr.23) slouží pro označení středu temena kolejnice a tím zamezení vzniku odchylek měření vlivem uložení a zaoblení kolejnice viz. kapitola 4.1. Přípravek na kolejnici je vyroben z pásu z oceli o tloušťce 5 mm, který je ohnut nebo svařen do pravého úhlu. Tloušťka je navržena tak aby přípravek odolával nešetrnému zacházení v provozu kolejových vozidel. Na spodní straně, která je přikládána k temenu kolejnice, je přípravek opatřen magnetem. Magnet slouží k pevnému a rychlému spojení přípravku s kolejnicí. Na horní straně přípravku je drážka označující osu kolejnice v podélném směru. Drážka je ve vzdálenosti 42,5 mm od vnější hrany přípravku. Přípravek je dlouhý 150 mm z toho důvodu, že nevíme kde se nachází kolmá vzdálenost od středu nárazníku k temenu kolejnice, proto měříme vzdálenost minimálně pro 3 různé body na temenu kolejnice viz. kapitola 4.3.

Koleje v depech kolejových vozidel bývají z vnější strany zapuštěny do podlahy, proto je přípravek na kolejnici přikládán na kolejnicový pás z vnitřní strany koleje. Při použití tohoto přípravku při měření výšky nárazníků se musí k naměřené výšce přičíst 10 mm, což je tloušťka horní části přípravku.



Obr.23 Přípravek na kolejnici

- | | |
|----------|---|
| Výhody | - označení osy kolejnice |
| | - přesnost naměřené výšky středu nárazníku |
| Nevýhody | - připočítání tloušťky přípravku k naměřené výšce |

5 Provozně-technické hodnocení návrhu

Obě navržené metody měření výšky středů nárazníků viz, kapitola 4.3 pracují s moderními laserovými dálkoměry. Tyto měřidla mají vzhledem k neustálému technickému vývoji velký předpoklad využití v praxích mnoha technicky založených odvětvích. K rozšíření napomáhá i pokles pořizovacích cen těchto přístrojů, který je také závislý na konkurenci výrobců. Rozsah měření těchto přístrojů je od 50 mm do 100 m až 200 m, což odpovídá našim požadavkům (výška středů nárazníků do 1065 mm).

Výběr laserového dálkoměru z hlediska finanční náročnosti s ohledem na použitou metodu měření výšky středů nárazníků

Ceny laserových dálkoměrů jsou samozřejmě závislé na vybavenosti funkcemi, dosahu a přesnosti měření, rozměrech, hmotnosti a odolnosti přístroje. Ceny těchto přístrojů se pohybují v rozmezí od 2 000 Kč do 26 000 Kč. Pro obě navržené metody, při použití přípravku na nárazník, je potřeba vestavěné funkce nastavení počátku měření od závitů pro stativ a vyhodnocení minimální vzdálenosti. Pro první navrženou metodu je dále potřebná funkce sklonoměr. Z těchto požadavků vyplývá, že u první navržené metody je zapotřebí dražší laserový dálkoměr než u druhé metody.

Nejlevnější dálkoměr s volitelným počátkem měření "LASER MESSFIX" je dostupný za cenu 3 500 Kč, ale neobsahuje funkce sklonoměr a vyhodnocení minimální vzdálenosti, proto je použitelný pouze pro druhou navrženou metodu. Pro zvýšení přesnosti měření výšky středů nárazníků druhou navrženou metodou je potřeba funkce vyhodnocení minimální vzdálenosti, proto navrhuji laserový dálkoměr "DISTO D2" za cenu 5 400 Kč. Tento dálkoměr je, mimo funkce vyhodnocení minimální vzdálenosti, vybaven také funkcemi sčítání, odčítání, násobení, dělení a má paměť na posledních deset naměřených hodnot. Tyto matematické funkce by značně zkrátily čas výpočtu výšky středu nárazníku pro druhou navrženou metodu. Přesnost měření laserového dálkoměru "DISTO D2" je $\pm 1,5$ mm do vzdálenosti 30 m, při měření větší vzdálenosti je nepřesnost vyšší.

Pro první metodu měření výšky středů nárazníků navrhuji použít laserový dálkoměr "DISTO D3". Tento dálkoměr je vybaven funkcemi sklonoměr, vyhodnocení minimální vzdálenosti, volitelný počátek měření, paměť na posledních dvacet naměřených hodnot, matematickými funkcemi jako u předchozího a přesnost měření je ± 1 mm do vzdálenosti 30 m. Pořizovací

cena laserového dálkoměru “DISTO D3“ je 9 000 Kč. Ceny a vybavenost funkcemi dálkoměrů jsou dány podle [11].

Porovnání první a druhé navržené metody

Z hlediska časové náročnosti je první metoda rychlejší než druhá. Měření se provádí zmáčknutím tlačítka na laserovém dálkoměru pro tři různé body na temenu kolejnice. Následuje výběr nejkratší vzdálenosti pomocí funkce vyhodnocení minimální vzdálenosti a následné přepočítání šikmé vzdálenosti na výšku středu nárazníku pomocí funkce sklonoměr. Měření vzdáleností pomocí laserového dálkoměru je téměř okamžité (do 1 sekundy). Ty samé pravidla platí i pro druhou navrženou metodu, ale nepřepočítáváme naměřené hodnoty pomocí funkce sklonoměr. Musíme naměřit délky úhlopříček a následně vypočítat úhel sklonu a výšky středu nárazníku, což ovlivní čas získání výsledné výšky středu nárazníku.

Při použití první metody potřebujeme jeden přípravek na nárazník a jeden přípravek na kolejnici, pro měření druhého nárazníku provedeme pouze uchycení přípravků na vedlejší nárazník a kolejnici. Při použití druhé navržené metody měření by bylo výhodnější mít na obou náraznících a na obou kolejnicích přípravek zvlášť, protože pro výpočet potřebujeme šikmou vzdálenost od středu nárazníku po temeno kolejnice jednoho nárazníku a úhlopříčku měřenou od středu druhého nárazníku.

Výhodou druhé navržené metody měření výšky středů nárazníků je pořizovací cena laserového dálkoměru, ale v závislosti na ceně dálkoměru má nižší přesnost měření.

Porovnání laserových dálkoměrů:

	1. způsob měření	2. způsob měření
laserový dálkoměr	DISTO D3	DISTO D2
pořizovací cena	9 000 Kč	5 400 Kč
vestavěné funkce	max. a min. vzdálenost sklonoměr 45°	max. a min. vzdálenost
přesnost	± 1 mm	± 1,5 mm
rozměry	125 x 45 x 24 mm	111 x 42 x 23 mm
hmotnost	115 g	90 g

Parametry laserových dálkoměrů jsou dány podle [11].

Porovnání navržených metod a současného stavu měření výšky středů nárazníků
Měření výšky středů nárazníků současnými metodami je velmi jednoduché a nenáročné na obsluhu. Používané měřidla jsou levná a přípravky používané k měření jsou většinou vyrobeny v provozu. Současné metody měření výšky středů nárazníků jsou však velmi nepřesné. Odchyłky měření vznikají ze strany pracovníka i z parametrů geometrie viz. kapitola 4.1. Další nevýhodou současných metod měření je označování středu nárazníku, ze kterého mohou vzejít další nepřesnosti měření.

Výhodou navržených metod měření je vysoká přesnost naměřené nebo vypočítané výšky středů nárazníků, oproti současným metodám měření. Největší nevýhodou je však vysoká pořizovací cena měřidla a pracnost výroby přípravku na nárazník. Při použití přípravku na kolejnici se nesmí zapomenout připočítat k naměřené výšce tloušťka přípravku. Z časového hlediska je první navržená metoda srovnatelná se současnými metodami, protože čas na označení středu nárazníku je srovnatelný s časem na uchycení přípravku na nárazník. Druhá navržená metoda je časově více náročná z důvodu pracnosti výpočtu.

Pro využití navržených metod měření výšky středů nárazníků v provozu kolejových vozidel musíme vzít v úvahu poměr cena : přesnost. Při investici do laserového dálkoměru získáme vyšší přesnost naměřené výšky středu nárazníku.

6 Seznam použitých pramenů

- [1] MÜLLER, Jaroslav: *Mobilní prostředky a trakční zařízení. I. díl.* 2. vyd.. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava. 2007. 58 s. ISBN 978-80-248-1394-3
- [2] MÜLLER, Jaroslav; FAMFULÍK, Jan; PALEČEK, Josef: *Mobilní prostředky a trakční zařízení. II. díl.* Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava. 2002. 127 s. ISBN 80-7078-591-8
- [3] MSV METAL STUDÉNKA, a.s., Studénka. *Obr. Nárazník* [online]. [cit. 2009-03-11]. dostupné na WWW: <<http://www.msvmetal.eu/vyrobky/narazniky.php>>
- [4] WIKIPEDIA. *Obr. Spřažení vozidel* [online]. [cit. 2009-03-11]. dostupné na WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Sp%C5%99%C3%A1hlo>>
- [5] ŠIROKÝ, Jaromír: *Mechanika v dopravě, Posun železničních kolejových vozidel* [online]. Ostrava. [cit. 2009-03-15]. dostupné na WWW: <http://homen.vsb.cz/~sli95/mvd/mvd_posun_sylab.htm>
- [6] PŘEDPISY ČESKÝCH DRAH. ČD V62 - *Provozně technický předpis pro železniční vozy* [online]. [cit. 2008-12-20]. dostupné na WWW <http://iwan.eu07.pl/jw/john_woods2008/predpisy/V/V.htm>
- [7] PŘEDPISY ČESKÝCH DRAH - ČD V25 - *Předpis pro periodické opravy elektrických lokomotiv posunovacích* [online]. [cit. 2008-12-20]. dostupné na WWW <http://iwan.eu07.pl/jw/john_woods2008/predpisy/V/V.htm>
- [8] PŘEDPISY ČESKÝCH DRAH. ČD V67 - *Předpis pro údržbu a opravy železničních nákladních vozů* [online]. [cit. 2008-12-21]. dostupné na WWW <http://iwan.eu07.pl/jw/john_woods2008/predpisy/V/V.htm>
- [9] ROUSEK, Michal: *osobní sdělení*, ČD a.s., Depo kolejových vozidel Česká Třebová, Česká Třebová. [cit. 2009-03-11]
- [10] KUBÁTKA: *osobní sdělení*, Lanez, s.r.o., Šumperk. [cit. 2008-12-02]
- [11] HUŠEK, Miloš: *QTEST - měřící přístrojová technika*. [online]. [cit. 2008-11-04]. dostupné na WWW: <http://www.qtest.cz/laserove-dalkomery/laserove-dalkomery.htm>